

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



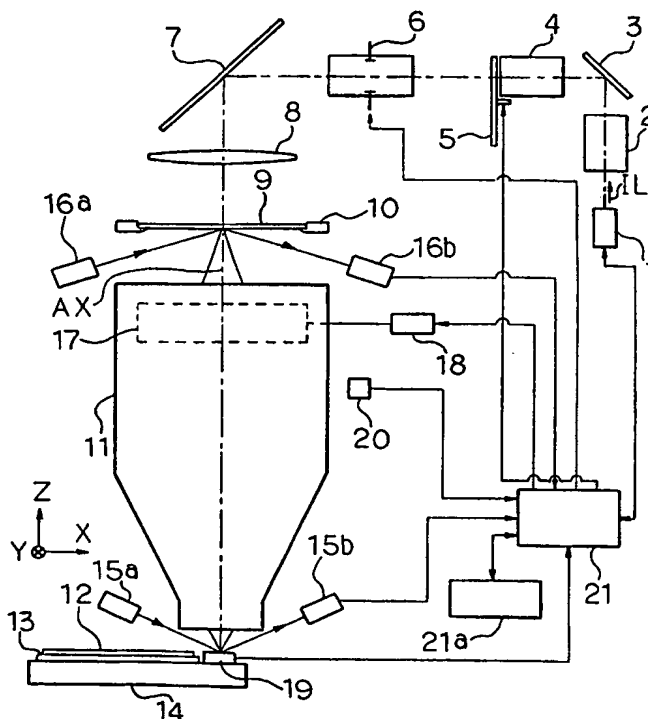
<p>(51) 国際特許分類6 H01L 21/027</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO00/17916</p> <p>(43) 国際公開日 2000年3月30日 (30.03.00)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP99/04989</p> <p>(22) 国際出願日 1999年9月13日 (13.09.99)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平10/262802 1998年9月17日 (17.09.98)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 鈴木広介(SUZUKI, Kousuke)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル 株式会社 ニコン 知的財産部内 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 大森 聡(OMORI, Satoshi) 〒214-0014 神奈川県川崎市多摩区登戸2075番2-501 大森特許事務所 Kanagawa, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54) Title: METHOD OF ADJUSTING OPTICAL PROJECTION SYSTEM

(54) 発明の名称 投影光学系の調整方法

(57) Abstract

A method of adjusting an optical projection system is provided, in which the relation (dependence) between the amount of change in imaging characteristics of the optical projection system and the change in the installation environment can be measured in a short time without changing the installation environment (e.g., atmospheric pressure) of the optical projection system. Light (IL) from a light source (1) illuminates a reticle (9) through fly-eye lenses (2,4) and a condenser lens (8), and the pattern image of the reticle (9) is projected to a wafer (12) through an optical projection system (11). Since the change in wavelength of the light (IL) and the change in ambient pressure (substantially equal to atmospheric pressure) are substantially equivalent as viewed from the optical projection system (11), the atmospheric dependence of the imaging characteristic is measured by measuring the amount of change in the imaging characteristic while varying the wavelength of the light (IL).



# (57)要約

実際に投影光学系の周囲の設置環境（気圧等）を変化させることなく、実質的にその設置環境の変化に対するその投影光学系の結像特性の変動量の関係（依存性）を短時間に測定できる投影光学系の調整方法である。露光光源（1）からの照明光（IL）がフライアイレンズ（2、4）及びコンデンサレンズ（8）等を介してレチクル（9）を照明し、照明光（IL）のもとでレチクル（9）のパターン像が投影光学系（11）を介してウエハ（12）上に投影される。投影光学系（11）にとって照明光（IL）の波長が変化することと、その周囲の気圧（ほぼ大気圧に等しい）が変化することとは実質的に等価であることを利用して、照明光（IL）の波長を変化させて結像特性の変動量を計測することによって、その結像特性の大気圧依存性を計測する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャド
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BS	バハマ	HR	クロアチア	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TR	トルコ
CC	中央アフリカ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CH	スイス	IL	イスラエル	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CI	コートジボワール	IN	インド	MX	メキシコ	US	米国
CM	カメルーン	IS	アイスランド	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IT	イタリア	NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	JP	日本	NO	ノルウェー	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KG	キルギスタン	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェコ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KR	韓国	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク						

## 明 細 書

## 投影光学系の調整方法

## 5 技術分野

本発明は、所定のパターンの像を投影する投影光学系の調整方法に関し、例えば半導体素子、撮像素子（ＣＣＤ等）、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等のデバイスを製造するためのフォトリソグラフィ工程中でマスクパターンをウエハ等の基板上に転写する際に使用される投影露光装置に搭載される投影光学系の調整を行う場合に使用して好適なものである。

## 背景技術

半導体素子等を製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターンの像を投影光学系を介して基板としてのウエハ（又はガラスプレート等）上に転写するために使用されるステッパー型、又はステップ・アンド・スキャン方式等の投影露光装置においては、投影光学系の結像特性を常に良好な状態に維持して露光を行う必要がある。そのため、従来より投影露光装置は、温度や湿度等が管理されると共に防塵フィルタによって塵埃が除去された空気が循環しているチャンバ内に収納され、投影光学系の周囲の温度や湿度は所定の状態に設定されていた。

ところが、そのチャンバ内の空気の気圧は大気圧に連動して変化するようにになっているため、その投影露光装置が稼働している場所の大気圧が変化すると、その投影光学系の周囲及びその投影光学系内のレンズ間の空気の気圧も変化して、投影光学系のベストフォーカス位置、及び投影倍率等の結像特性が微妙に変化していた。このように結像特性が変化

した状態で露光を行うと、ウエハ上に投影される像の解像度が劣化したり、重ね合わせ誤差が生じたりしてしまう。そこで、従来は予め例えば投影光学系の単体としての組立調整時に、投影光学系の周囲の気圧に対する、その投影光学系の結像特性の変動量の関係（以下、「大気圧依存性」と呼ぶ）を計測して記憶しておき、その投影露光装置の稼働時に常時例えばその投影露光装置の周囲の気圧を計測し、この計測結果とその記憶してある関係とに基づいてその投影光学系の結像特性の変動量を求め、この結像特性の変動量を補正していた。

また、そのように投影光学系の結像特性の大気圧依存性を計測するために、組立調整時に投影光学系の周囲の気圧を変化させる方法として、従来は（イ）長時間かけて大気圧が次第に変化するのを待つ方法、及び（ロ）内部の気圧を所望の値に変更できる気圧チャンバの中に投影光学系を収納する方法があった。

しかしながら、上記の如く大気圧を変化させる方法の中で、（イ）の大気圧が変化するのを待つ方法は組立調整時間が長くなり、（ロ）の気圧チャンバを用いる方法は製造設備のコストが高くなるため、何れの方法も全部、又は全種類の投影光学系に対して適用するのは困難である。更に（イ）の方法は、自然の営み任せであるため必ずしも所望の大気圧変化特性が得られない場合がある。

一方、近年は露光波長の短波長化、及び開口数の増大等に対応するために、例えば反射屈折型（カタジオプトリック型）のように巨大な投影光学系も使用されるようになっている。このように巨大化した投影光学系に（ロ）の方法を適用しようとする、それに応じて大型の気圧チャンバが必要となり、製造コストが更に増大するという不都合がある。

本発明は斯かる点に鑑み、実際に投影光学系の周囲の設置環境（気圧等）を変化させることなく、実質的にその設置環境の変化に対するその

投影光学系の結像特性の変動量の関係（依存性）を短時間に測定できる  
投影光学系の調整方法を提供することを第 1 の目的とする。

また本発明は、投影光学系の組立調整を行う組立地と、その投影光学  
系が実際に露光に使用される移設地との間で設置環境（大気圧等）が異  
なる場合に、その組立地の設置環境を変化させることなく、実質的にそ  
の移設地での設置環境に合わせてその投影光学系の調整を行うことがで  
きる投影光学系の調整方法を提供することを第 2 の目的とする。

また本発明は、設置環境の変動に起因して生じる投影光学系の結像特  
性の変化を高精度に補正できる投影光学系の調整方法を提供することを  
第 3 の目的とする。

更に本発明は、そのような調整方法を用いた露光方法、及びそのよう  
な調整方法を実施できる投影露光装置を提供することを第 4 の目的とす  
る。また本発明は、そのような露光方法を用いたデバイス製造方法を提  
供することをも目的とする。

#### 発明の開示

本発明による第 1 の投影光学系の調整方法は、第 1 面のパターンの像  
を第 2 面上に投影する投影光学系（11）の調整方法において、その第  
1 面のパターンを照明する照明光の波長を変化させて、その第 2 面上に  
その投影光学系を介して投影される像の結像特性の変化量を検出するも  
のである。

斯かる本発明は、投影光学系にとって照明光の波長を変更することと、  
その投影光学系の所定の設置環境（周囲の気体の圧力、温度、湿度等）  
を変更することとは実質的に等価であることを利用する。一例として、  
その設置環境としてその投影光学系の周囲の気圧、即ちその投影光学系  
を構成する 1 つ、又は複数の屈折素子（レンズ等）の周囲の気体の圧力

を想定して説明する。この際に、その屈折素子の硝材の種類が単一であるときには、その等価性が完全に成立し、硝材が複数種類であってもその等価性はほぼ成立している。

図 1 2 を参照してその等価性につき説明する。図 1 2 において、投影  
5 光学系を構成する屈折率が  $n_b$  のレンズ 5 1 に波長  $\lambda$  の照明光が光路 5 2 に沿って入射しているものとして、レンズ 5 1 の周囲の気体の圧力（気圧）を  $P$ 、その屈折率を  $n_a$  とする。この場合、その周囲の気体の温度及び湿度が一定であるとする、その気体の屈折率  $n_a$  は照明光の波長  $\lambda$  及び気圧  $P$  の関数  $n_a(\lambda, P)$  で表され、レンズ 5 1 の屈折率  
10  $n_b$  は波長  $\lambda$  のみの関数  $n_b(\lambda)$  で表される。従って、波長  $\lambda$  及び気圧  $P$  がそれぞれ初期値  $\lambda_0$  及び  $P_0$  であるときの屈折率  $n_a$  及び  $n_b$  をそれぞれ  $n_{a0}$  及び  $n_{b0}$  とすると、波長  $\lambda$  及び気圧  $P$  がそれぞれ  $\Delta\lambda$  及び  $\Delta P$  だけ変動したときの屈折率  $n_a$  及び  $n_b$  は、所定の係数  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  を用いて一次近似で次のように表すことができる。

$$15 \quad n_a \doteq n_{a0} + k_1 \cdot \Delta\lambda + k_2 \cdot \Delta P \quad (A1)$$

$$n_b \doteq n_{b0} + k_3 \cdot \Delta\lambda \quad (A2)$$

また、図 1 2 において、照明光の光路は、レンズ 5 1 の周囲の気体に対する相対屈折率  $n_b/n_a$  ( $=n_r$  とする) によって一義的に決定される。従って、仮に初期状態 ( $\lambda = \lambda_0$ ,  $P = P_0$ ) から気圧  $P$  のみが  $\Delta P$  だけ変動して、相対屈折率  $n_r$  が次のように変化すると、照明光の  
20 光路 5 2 は例えば光路 5 2 A に変化する。なお、 $k_2 \cdot \Delta P \ll n_{a0}$  として更に近似を行い、 $n_{b0}/n_{a0} = n_{r0}$ ,  $-(n_{b0} \cdot k_2 / n_{a0}^2) = k_4$  とした。

$$\begin{aligned} n_r &\doteq n_{b0} / (n_{a0} + k_2 \cdot \Delta P) \\ 25 \quad &\doteq n_{b0} / n_{a0} - (n_{b0} \cdot k_2 / n_{a0}^2) \cdot \Delta P \\ &= n_{r0} + k_4 \cdot \Delta P \quad (A3) \end{aligned}$$



次に、その初期状態から波長 $\lambda$ のみが $\Delta\lambda$ だけ変動すると、相対屈折率 $n_r$ は次のように変化する。ここでも、 $k_1 \cdot \Delta\lambda \ll n_{a0}$ として更に近似を行い、 $(k_3/n_{a0} - n_{b0} \cdot k_1/n_{a0}^2) = k_5$ とした。

$$n_r \doteq (n_{b0} + k_3 \cdot \Delta\lambda) / (n_{a0} + k_1 \cdot \Delta\lambda)$$

$$\begin{aligned} &\doteq n_{b0}/n_{a0} + (k_3/n_{a0} - n_{b0} \cdot k_1/n_{a0}^2) \cdot \Delta\lambda \\ &= n_{r0} + k_5 \cdot \Delta\lambda \end{aligned} \quad (A4)$$

(A3) 式及び (A4) 式の関係がそれぞれ図13の直線54及び直線53に表されている。図13において、横軸は波長 $\lambda$ 、及び気圧 $P$ であり、縦軸は相対屈折率 $n_r$ である。

この場合、(A4) 式の相対屈折率 $n_r$ の変化量 $k_5 \cdot \Delta\lambda$ が、(A3) 式の相対屈折率 $n_r$ の変化量 $k_4 \cdot \Delta P$  ( $= \Delta n_r$ とする) に等しくなると、波長 $\lambda$ のみが $\Delta\lambda$ だけ変化したときの照明光の光路は、気圧のみが $\Delta P$ だけ変化したときの光路52Aに等しくなる。これが上記の等価性である。その等価性が成立する条件は近似的に次のようになる。

$$\Delta\lambda = (k_4/k_5) \cdot \Delta P \quad (A5)$$

より高次の近似を行うものとする。屈折率の変化量 $\Delta P$ の所定の関数 $f(\Delta P)$ を用いて、その等価性が成立するときの波長の変化量 $\Delta\lambda$ は、次式で表すことができる。

$$\Delta\lambda = f(\Delta P) \quad (A6)$$

従って、気圧 $P$ が $\Delta P$ だけ変化した場合と同じ結像特性を得たい場合には、波長 $\lambda$ を $f(\Delta P)$ だけ変化させればよいことになる。その関数 $f(\Delta P)$ はレンズ51の硝材、及びその周囲の気体の屈折率の特性より求めることができる。更に、複数の硝材を使用する場合には、例えば各硝材について得られる波長の変化量 $f_1(\Delta P)$ ,  $f_2(\Delta P)$ , ... の平均値で定まる値だけ波長を変化させるようにすればよい。また、凹面鏡等の反射部材については、屈折率が変化しても照明光の光路は変化

しないため、特に考慮する必要は無い。

同様に、屈折率  $n_a$ 、 $n_b$  の温度や湿度に対する変化特性を用いて、照明光の波長のみを変化させることによって、実質的に投影光学系の周囲の温度や湿度を変化させた場合と等価な状態を実現することもできる。

5 従って、照明光の波長を所定の値にしてその投影光学系の結像特性を計測した後、その照明光の波長を所定量ずつ変化させて、順次その投影光学系の結像特性の変動量を計測することによって、実際にその投影光学系の周囲の設置環境を変化させることなく、実質的にその設置環境の変化に対するその投影光学系の結像特性の変動量の関係（依存性）を短  
10 時間に測定できる。

その結像特性が例えばデフォーカス量  $F$  であるとする、波長  $\lambda$  を初期値  $\lambda_0$  から変化させながらその投影光学系のデフォーカス量  $F$  の変動量を計測することによって、例えば図 14 の直線 55 で示す特性が得られる。次に、実際にその投影光学系を半導体製造工場等に搬入して露光  
15 を行う際には、例えば波長  $\lambda$  を初期値  $\lambda_0$  に固定した状態で、その投影光学系の設置環境の計測を連続して行う。そして、例えば気圧  $P$  が初期値  $P_0$  から  $\Delta P_1$  だけ変動した場合には、その変動量  $\Delta P_1$  を (A6) 式を用いて波長の変動量  $\Delta \lambda_1$  に換算した後、この  $\Delta \lambda_1$  と直線 55 とから対応するデフォーカス量  $\Delta F_1$  を求める。この後は、例えばこの結  
20 像特性の変動量を相殺するように投影光学系の一部の光学素子の駆動を行うか、又は結像面に対する基板のフォーカス位置の調整等を行うことによって、常に最良の結像状態で露光が行われる。

次に、本発明による第 2 の投影光学系の調整方法は、第 1 面のパターンの像を第 2 面上に投影する投影光学系 (11) の調整方法において、  
25 その投影光学系の組立調整を行う組立地と、その投影光学系が使用される移設地との間で設置環境が異なる場合に、その移設地でその投影光学

系を使用する際にその第 1 面のパターンを照明する際の照明光の波長をその設置環境の変化量に応じて変化させるものである。

斯かる本発明においても、その照明光の波長を変更することと、その設置環境（周囲の気体の圧力、温度、湿度等）が変化することとは実質的に等価であることを利用して、その移設地において設置環境として例えば気圧  $P$  が大気圧に連動して  $\Delta P$  だけ変化する場合には、上記の（A 6）式より逆に気圧  $P$  が  $-\Delta P$  だけ変化するときに対応する波長の変動量  $\Delta \lambda_2$  を算出する。ただし、気圧が  $\Delta P$  変動するときの結像特性の変動量と、気圧が  $-\Delta P$  だけ変動するときの結像特性の変動量とは、同じ大きさで符号が逆であるとする。そして、その組立地において照明光の波長を初期値  $\lambda_0$  に設定して、最良の結像特性が得られるように調整を行ってから、その投影光学系を移設地で稼働させる際には、照明光の波長をその変動量  $\Delta \lambda_2$  だけ変化させると、設置環境の変化による結像特性の変化量と波長の変動による結像特性の変化量とが相殺するために、最良の結像特性が得られる。

次に、本発明による第 3 の投影光学系の調整方法は、第 1 面のパターンの像を第 2 面上に投影する投影光学系（11）の調整方法において、その投影光学系の組立調整を行う組立地と、その投影光学系が使用される移設地との間で設置環境が異なる場合に、その組立地でその投影光学系の組立調整を行う際にその第 1 面のパターンを照明する照明光の波長をその移設地の設置環境に応じて変化させておくものである。

斯かる本発明においても、その照明光の波長を変更することと、その設置環境が変化することとは実質的に等価であることを利用して、その移設地において設置環境として例えば気圧  $P$  が  $\Delta P$  だけ変化する場合には、上記の（A 6）式より等価な波長の変動量  $\Delta \lambda$  を算出し、その組立地において照明光の波長を初期値  $\lambda_0$  からその算出された変動量  $\Delta \lambda$  だ

け変化させて、最良の結像特性が得られるように調整を行う。この後、その投影光学系を移設地で稼働させる際には、照明光の波長をその初期値 $\lambda_0$ に戻すと、設置環境が変化しているために、最良の結像特性が得られる。

5       次に、本発明による第1の投影露光装置は、照明光でマスクパターン(9)を照明する照明光学系(1~8)と、そのマスクパターンの像を基板(12)上に投影する投影光学系(11)と、を備えた投影露光装置において、その照明光の波長を変化させる波長可変装置(22)と、その投影光学系の結像特性の変化量を計測する結像特性計測系(19)と、その投影光学系の設置環境を計測する設置環境計測系(20)と、  
10       その照明光の波長の変化量と対応するその結像特性の変化量との関係に基づいて、その設置環境計測系の計測結果に応じてその投影光学系の結像特性を調整する結像特性調整系(17, 18, 21)と、を設けたものである。斯かる本発明によれば、波長可変装置を用いてその照明光の波長を変化させることによって、本発明の第1の投影光学系の調整方法  
15       が実施できる。

次に、本発明による第2の投影露光装置は、照明光でマスクパターン(9)を照明する照明光学系(1~8)と、そのマスクパターンの像を基板(12)上に投影する投影光学系(11)と、を備えた投影露光装置において、その照明光の波長を変化させる波長可変装置(22)と、  
20       その投影光学系の設置環境の実際の変化量、又は予測される変化量に応じてその波長可変装置によるその照明光の波長の変化量を制御する制御系(21)と、を設けたものである。斯かる本発明によれば、その設置環境の変化量に応じてその照明光の波長を変化させることによって、本  
25       発明の第2、又は第3の投影光学系の調整方法が実施できる。

次に、本発明による露光方法は、第1面のパターンの像を第2面上に

投影する投影光学系を用いる露光方法において、その投影光学系の設置環境を計測するとともに、その計測された環境と基準環境との差を実質的に相殺するように、その第1面上に照射される照明光の波長を変化させるものである。斯かる本発明の露光方法によれば、照明光の波長を変化させることにより、その投影光学系の設置環境の変動に起因して生じるその投影光学系の結像特性の変化を高精度に補正することができる。

また、その波長の変更後に生じるその投影光学系の結像特性の変化量を、その波長の変更とその投影光学系の調整との少なくとも一方によって補正することが望ましい。

また、その設置環境以外の要因に起因して生じるその投影光学系の結像特性の変化量を、その投影光学系の調整によって補正、又はその波長の変更によって低減することが望ましい。

次に、本発明によるデバイス製造方法は、本発明の露光方法を用いて、デバイスパターンをワークピース上に転写する工程を含むものである。

斯かる本発明のデバイス製造方法によれば、設置環境の変動に起因して生じる投影光学系の結像特性の変化を補正し、高機能のデバイスを製造することができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態の一例で使用される投影露光装置を示す概略構成図である。図2は、図1中の絞り可変板5に設けられた複数の $\sigma$ 絞りを示す図である。図3は、図1中の露光光源1の波長制御装置を示す図である。図4は、図1の投影光学系11の結像特性補正部の構成を示す一部を切り欠いた図である。図5は、図1中の光電検出部19を示す拡大平面図である。図6は、図5をY方向に見て遮光膜の部分を断面とした図である。図7は、光電検出部19の開口と投影像との関係を

示す拡大図である。図 8 は、結像特性計測時に光電検出部 19 から得られる検出信号を示す図である。図 9 は、図 8 の検出信号を走査方向の位置で微分して得られる信号を示す図である。図 10 は、図 1 において、照明光 I L の波長を変化させてデフォーカス量の変化量を計測して得られる計測データを表す図である。図 11 は、図 1 において、照明光 I L の波長を変化させて倍率誤差の変化量を計測して得られる計測データを表す図である。図 12 は、レンズに入射する照明光の光路を示す図である。図 13 は、レンズの相対屈折率  $n_r$  と照明光の波長  $\lambda$  及び周囲の気体の圧力  $P$  との近似的な関係を示す図である。図 14 は、デフォーカス量  $F$  と照明光波長  $\lambda$  及び周囲の気体の圧力  $P$  との近似的な関係を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好適な実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。

図 1 は、本例の投影露光装置を示し、この図 1 において、露光時には、発振波長を変化させるための波長可変装置を備えた露光光源 1 から射出された露光用の照明光 I L は、不図示のビーム整形光学系を介して第 1 フライアイレンズ 2 に入射する。露光光源 1 としては、KrF エキシマレーザ（発振の中心波長 248.5 nm）、若しくは ArF エキシマレーザ（発振の中心波長 193.3 nm）等のエキシマレーザ光源、F<sub>2</sub> レーザ光源（発振の中心波長 157.6 nm）、又は YAG レーザの高調波発生装置等が使用できる。また、露光光源 1 として水銀ランプ等を使用することも可能である。露光光源 1 がレーザ光源である場合の波長可変装置の一例につき、図 3 を参照して説明する。

図 3 は、図 1 中の露光光源 1 の構成を示し、この図 3 において、ミラ

ー 1 b と低い透過率を持つビームスプリッタ 1 c との間に、波長選択素子としての回転自在の回折格子 2 2 とレーザ共振器 1 a とが配置され、レーザ共振器 1 a から発振されたレーザビームの中で回折格子 2 2 によって選択された波長のレーザビームがビームスプリッタ 1 c から外部に  
5 射出されて、大きい透過率を持つビームスプリッタ 1 d に入射している。そして、ビームスプリッタ 1 d で反射されたレーザビームがフォトダイオード等の出力モニタ 1 e に入射し、出力モニタ 1 e の検出信号が、図 1 の装置全体の動作を統轄制御する主制御系 2 1 に供給されており、ビームスプリッタ 1 d を透過したレーザビームが露光用の照明光 I L として  
10 射出されている。

この場合、回折格子 2 2 には回転用のモータ及び回転角計測用のロータリエンコーダが備えられ、主制御系 2 1 は出力モニタ 1 e の検出信号に基づいてその回折格子 2 2 の回転角を制御することによって、照明光 I L の波長を所定範囲内で制御できるように構成されている。通常の使用時には、例えば出力モニタ 1 e の検出信号が最大になる状態で回折格子 2 2 の回転角をロックしておくことで、照明光 I L の波長をそのレーザ光源の中心波長付近に設定しておく。一方、後述のように照明光 I L の波長を制御する際には、まず出力モニタ 1 e の検出信号が最大になるように回折格子 2 2 の回転角を設定した後、回折格子 2 2 の回転角を所定のステップ角ずつ変化させて、その波長をその中心波長から次第に変化させる。このために、予め回折格子 2 2 の回転角の変化量と照明光 I L の波長の変化量との関係を理論的に（又は実験的に）求めておき、その関係を図 1 の主制御系 2 1 に接続されている磁気ディスク装置等からなる記憶部 2 1 a に記憶しておく。そして、その関係を用いて変化させたい波長に応じて回折格子 2 2 を回転させればよい。  
20  
25

その方法の他に、回折格子 2 2 の回転角の絶対値を所定の狭い範囲内

で高い分解能で計測できるロータリエンコーダを設けておき、予めその回折格子 22 の回転角の絶対値と照明光 I L の波長との関係を求めて記憶部 21 a に記憶させておき、この関係に基づいてその照明光 I L の波長を直接設定するようにしてもよい。露光光源 1 が K r F エキシマレーザ光源であれば、波長はほぼ  $248.5 \pm 0.3$  nm 程度の範囲内で変更でき、露光光源 1 が A r F エキシマレーザ光源であれば、波長はほぼ  $193.3 \pm 0.3$  nm 程度の範囲内で変更できる。なお、波長選択素子としては、回折格子 22 の他に複数個直列配置されたプリズム、又はエタロン (Fabry-Perot etalon) 等を使用することができる。

図 1 に戻り、第 1 フライアイレンズ 2 から射出された照明光 I L は、レーザ光のスペックル低減用に振動している振動ミラー 3 で反射されて不図示のリレーレンズを経て第 2 フライアイレンズ 4 に入射する。第 2 フライアイレンズ 4 の射出面、即ち転写対象のレチクル 9 のパターン面に対する光学的フーリエ変換面には、絞り可変板 5 が回転自在に配置されている。絞り可変板 5 には、図 2 に示すように通常の円形の開口絞り (以下「 $\sigma$  絞り」と呼ぶ) 5 a、小さいコヒーレンスファクタ ( $\sigma$  値) 用の  $\sigma$  絞り 5 b、輪帯状の  $\sigma$  絞り 5 c、及び複数の偏心した開口よりなる変形照明 (傾斜照明) 用の  $\sigma$  絞り 5 d が配置されている。図 1 において、例えばレチクルを交換した際に主制御系 21 は、絞り可変板 5 を回転させて転写対象のパターンの種類や微細度等に応じた  $\sigma$  絞りを第 2 フライアイレンズ 4 からの照明光の光路上に設置して、照明条件を最適化する。

絞り可変板 5 中の所定の  $\sigma$  絞りを通過した照明光 I L は、不図示のリレーレンズを経てレチクルブラインド (可変視野絞り) 6 に入射し、レチクルブラインド 6 を通過した照明光 I L は、不図示のリレーレンズ、ミラー 7、及びコンデンサレンズ 8 を介してレチクル 9 のパターン面



(下面)を均一な照度分布で照明する。レチクルブラインド6の配置面はそのパターン面と共役であり、レチクルブラインド6中の開口によってレチクル9上の照明領域が規定される。その照明光ILのもとで、レチクル9のパターンの像が投影光学系11を介して投影倍率 $\beta$  ( $\beta$ は例えば1/4, 1/5等)で、基板としてのフォトレジストが塗布されたウエハ(wafer)12の表面に投影露光される。ウエハ12は例えば半導体(シリコン等)又はSOI(silicon on insulator)等の円板状の基板である。なお、図1は投影光学系11の結像特性を計測する状態を示しているため、ウエハ12は投影光学系11の露光領域(投影光学系11に関して前述の照明領域と共役であってパターン像が投影される領域)から外れている。以下、投影光学系11の光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で、図1の紙面に平行にX軸を、図1の紙面に垂直にY軸を取って説明する。

まず、レチクル9は、レチクルステージ10上に保持されており、レチクルステージ10は、X方向、Y方向、回転方向にレチクルRの微動位置決めを行う。主制御系21が、不図示のレーザ干渉計の位置計測結果に基づいてレチクルステージ10の動作を制御する。

一方、ウエハ12は、ウエハホルダ13上に真空吸着によって保持され、ウエハホルダ13は、ウエハステージ14上に固定されている。ウエハステージ14は、X方向、Y方向にウエハ12の位置決めを行うXYステージ部と、ウエハ12の投影光学系11の光軸AX方向(Z方向)の位置(フォーカス位置)の制御を行うZステージ部とから構成されている。更に、そのZステージ部にはウエハ12の傾斜角の制御を行うレベルリング機構も備えられている。主制御系21は、不図示のレーザ干渉計の位置計測結果に基づいてウエハステージ14のXYステージ部のX方向、Y方向の位置の制御を行う。露光時には、ウエハ12上の一つの

ショット領域へのレチクル 9 のパターン像の露光が終わると、ウエハステージ 1 4 のステップ移動によって次のショット領域を露光位置に移動して露光を行うという動作がステップ・アンド・リピート方式で繰り返される。このように本例の投影露光装置は、ステッパー型（一括露光型）  
5 であるが、レチクルステージ 1 0 に所定方向（例えば Y 方向）への連続移動機構を設けて、その投影露光装置をステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型とした場合にも本発明が適用できるのは言うまでも無い。

〔オートフォーカスセンサ及びこの使用方法〕

10 上述のように露光を行う際には、オートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 1 1 の像面にウエハ 1 2 の表面（ウエハ面）を合わせ込む必要がある。そのため、ウエハ 1 2 側及びレチクル 9 側にはそれぞれ光学式で斜入射方式のオートフォーカスセンサ（以下「A F センサ」という）が配置されている。

15 即ち、投影光学系 1 1 の像面側の側面に、光軸 A X に斜めにウエハ面（又は計測用の基準面等）の複数の計測点にスリット像を投影する照射光学系 1 5 a と、そのウエハ面からの反射光を受光してそれらのスリット像を再結像し、この再結像された複数のスリット像の横ずれ量に応じた複数のフォーカス信号を生成する集光光学系 1 5 b とから構成される  
20 A F センサ（以下「A F センサ 1 5」という）が配置され、そのフォーカス信号が主制御系 2 1 に供給されている。そのフォーカス信号よりウエハ面の各計測点での Z 方向への位置ずれ量を求めることができる。A F センサ 1 5 と対称に投影光学系 1 1 の物体面側の側面にも、照射光学系 1 6 a と集光光学系 1 6 b とからなり、レチクル 9 のパターン面（レ  
25 チクル面）の複数の計測点で Z 方向への位置ずれ量を検出するための A F センサ（以下「A F センサ 1 6」という）が配置され、集光光学系 1

6 b の複数のフォーカス信号も主制御系 2 1 に供給されている。

主制御系 2 1 は、それらのフォーカス信号より像面側の基準面に対するウエハ面の Z 方向への位置ずれ量、及び物体面側の基準面に対するレチクル面の Z 方向への位置ずれ量を算出し、これらの位置ずれ量に基づいて投影光学系 1 1 の像面に対するウエハ面のデフォーカス量を算出し、この算出されたデフォーカス量を相殺するようにウエハステージ 1 4 内の Z ステージ部を駆動して、ウエハ面のフォーカス位置を像面に合致させる。更に、それらの基準面に対するウエハ面及びレチクル面の傾斜角も算出され、これらの傾斜角よりその像面に対するウエハ面の傾斜角が求められ、主制御系 2 1 はその傾斜角を相殺するようにその Z ステージ部を駆動する。

なお、ウエハ側の A F センサ 1 5 のより詳細な構成は例えば特開平 5 - 2 4 3 1 2 1 号公報及び対応する米国特許第 5 5 0 2 3 1 1 号に開示されている。そこに開示されている構成はレチクル側の A F センサ 1 6 についても適用できる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令の許す限りにおいて、上記公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

また、図 1 の投影露光装置が走査露光型である場合には、レチクル面の撓み、及びウエハ面の凹凸等によって走査露光中にウエハ面のフォーカス位置等が変化することがあるため、走査露光中にも所定のサンプリングレートで連続的に A F センサ 1 5, 1 6 による計測が行われ、この計測結果に基づいて算出されるウエハ面のデフォーカス量、及び傾斜角を相殺するようにウエハステージ 1 4 内の Z ステージ部が駆動される。

ここで、上記のようにデフォーカス量及び傾斜角を算出する際の基準となる基準面の設定方法の一例につき説明する。この場合、レチクルステージ 1 0 の高さ、ひいてはレチクル 9 のパターン面のフォーカス位置

は投影光学系 11 の設計上の物体面の位置に設定されているものとして、  
レチクル 9 の代わりに所定の評価用マークが形成されたテストレチクル  
をレチクルステージ 10 上に載置する。この状態で AF センサ 16 によ  
って計測されるレチクル面のフォーカス位置で定まる平均的な面を物体  
5 面側の基準面として、この基準面上では AF センサ 16 で計測されるフ  
ォーカス位置が 0 となるようにオフセット補正を行う。

次に、ウエハステージ 14 上にフォトレジストが塗布された未露光の  
ウエハを載置して、そのウエハを X 方向、Y 方向に所定幅ずつステップ  
移動すると共に、順次 Z 方向の位置を所定幅ずつ変化させながら、その  
10 ウエハ上の一連のショット領域にその評価用マークの像を露光する。こ  
のように各ショット領域に露光する際にそれぞれ AF センサ 15 を用い  
てウエハ面のフォーカス位置を計測しておく。その後、そのウエハの現  
像を行ってから、例えば光学顕微鏡でそのウエハ上の一連のショット領  
域の各評価用マークの形状を観察し、その形状が最も良好なショット領  
15 域を決定し、このショット領域に露光したときに AF センサ 15 で計測  
されていたフォーカス位置で定まる面を像面側の基準面とする。即ち、  
この基準面上では AF センサ 15 で計測されるフォーカス位置が 0 とな  
るようにオフセット補正を行う。このように 2 つの基準面を設定した後  
は、2 つの AF センサ 15, 16 の計測値はそのまま各基準面からのフ  
ォーカス位置のずれ量となるため、後述のように容易にウエハ面のデフ  
20 ォーカス量を算出することができる。

なお、本例ではレチクル面のフォーカス位置の計測も行っているが、  
特に本例のようなステッパー型（一括露光型）の投影露光装置において  
は、レチクル面のフォーカス位置は殆ど変化しないため、レチクル面の  
25 フォーカス位置は固定値としてレチクル側の AF センサ 16 を省いても  
良い。ただし、走査露光型ではレチクルの位置によって撓み量に変化す

ることがあるため、AFセンサ16を設けることが望ましい。また、本例ではAFセンサとして斜入射方式のセンサを採用したが、それ以外に、例えばレチクル面やウエハ面のZ方向の位置を干渉計で直接計測する方法、TTR（スルー・ザ・レチクル）方式で投影光学系を介してウエハ面のデフォーカス量を直接計測する方法、又は投影光学系とウエハとの間隔を気体式のマイクロメータ等を用いて計測する方法等を使用する場合にも、本例と全く同じ効果が得られる。

[結像特性補正部の構成及び動作]

上記のように露光を行うに際しては、常に投影光学系11の結像特性を良好な状態に維持しておく必要がある。そこで、図1の投影光学系11には結像特性補正部17が設けられ、主制御系21の制御のもとで結像特性制御部18が結像特性補正部17を介して投影光学系11の所定の結像特性を最良の状態に維持している。

図4は、図1の結像特性補正部17の具体的な構成例を示し、この図4において、投影光学系11を構成する多数のレンズの内の5箇所のレンズ23～27がそれぞれレンズ枠、及び投影光学系11の光軸方向に伸縮自在の圧電素子（ピエゾ素子等）よりなる駆動素子28～32を介して鏡筒に取り付けられている。例えば駆動素子28は、その光軸の回りに等角度間隔で3箇所に配置されており、3箇所の駆動素子28を同じ量だけ伸縮させることでレンズ23はその光軸方向（Z方向）に移動し、3箇所の駆動素子28を互いに独立に伸縮させることでレンズ23の傾斜角が変化する。他の駆動素子29～32も同様に3箇所に配置されており、レンズ24～27もそれぞれ光軸方向の位置、及び傾斜角を所定範囲で制御することができる。なお、レンズ23～27の少なくとも1枚を複数枚のレンズ群としてもよく、更に駆動できるレンズ（レンズ群）は5箇所に限られるものではなく、任意としてよい。

また、不図示であるが、各駆動素子 28 ～ 32 の近傍にそれぞれ対応する駆動素子 28 ～ 32 の先端の位置を計測するための位置センサが配置されている。位置センサとしては、静電容量型のギャップセンサ、光学式や静電容量式等のリニアエンコーダ、又は干渉計等が使用でき、それらの位置センサの計測結果が結像特性制御部 18 に供給されている。結像特性制御部 18 はそれらの計測結果に基づいて駆動素子 28 ～ 32 の伸縮量を制御することによって、レンズ 23 ～ 27 の光軸方向の位置、及び傾斜角を互いに独立に主制御系 21 に指示された状態に設定する。レンズ 23 ～ 27 の位置及び傾斜角の駆動量を組み合わせることによって、投影光学系 11 の結像特性中の例えばディストーション、倍率誤差、像面湾曲、コマ収差、及び球面収差等を補正することができる。

具体的にそれらの 5 個のレンズ 23 ～ 27 の光軸方向への駆動量をそれぞれ  $G_1 \sim G_5$  としたときの、デフォーカス量  $F$ 、像面湾曲  $CU$ 、倍率誤差  $M$ 、ディストーション  $D$ 、コマ収差  $CO$ 、球面収差  $SA$  は、係数  $C_{11} \sim C_{65}$  を用いて次のように表すことができる。係数  $C_{11} \sim C_{65}$  は、実際にレンズ 23 ～ 27 を駆動して、後述の結像特性の計測機構を用いて各結像特性を計測することによって実験的に求めることができる。

$$\begin{bmatrix} F \\ CU \\ M \\ D \\ CO \\ SA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{15} \\ C_{21} & C_{22} & & C_{25} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ C_{61} & C_{62} & \cdots & C_{65} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ G_4 \\ G_5 \end{bmatrix} \cdots (1)$$

なお、それらの係数  $C_{11} \sim C_{65}$  は、高精度な光学シミュレーションにより計算で求めてもよい。

また、本例では結像特性補正部 17 として複数枚のレンズ（又はレンズ群）を駆動する部材が使用されているが、その代わりに投影光学系 1

1 を構成する所定の一部のレンズ間の空間を密封して、その空間中の気体の圧力を制御する装置を採用してもよい。また、レンズを駆動する部材とレンズ間の気体の圧力を制御する装置とを組み合わせ使用してもよい。

5       なお、結像特性の補正機構は本例の機構に限られるものではなく、投影光学系の諸収差を相殺する凹凸分布を有する表面形状の補正板を光路上に挿入するものや、レチクルの移動機構など、いかなる機構であってもよい。

[結像特性の計測機構及びその計測方法]

10       次に、投影光学系 1 1 の結像特性の計測機構及びその計測方法につき説明する。図 1 において、ウエハステージ 1 4 上のウエハホルダ 1 3 の近傍には光電検出部 1 9 が配置されている。光電検出部 1 9 の表面はウエハ 1 2 の表面と同じ高さに設定されており、結像特性の計測時には、ウエハステージ 1 4 の X Y ステージ部の駆動によって図 1 に示されているように、光電検出部 1 9 は投影光学系 1 1 の底部に移動する。

15       図 5 は、光電検出部 1 9 を示す拡大平面図、図 6 は図 5 を Y 方向に見て一部を断面とした図であり、図 5 及び図 6 において、光電検出部 1 9 の上部に露光用の照明光を透過する平行平板 3 3 が設置され、平行平板 3 3 の表面にクロム膜よりなる遮光膜が形成され、この遮光膜の中央部にエッチングによってその照明光を透過させる正方形の開口 3 4 が形成されている。

20       また、平行平板 3 3 の底面に開口 3 4 を覆うような受光部を備えた光電センサ 3 5 が配置され、図 1 の投影光学系 1 1 から射出されて開口 3 4 を通過した照明光が光電センサ 3 5 によって受光され、光電センサ 3 5 の検出信号 D S が図 1 の主制御系 2 1 に供給されている。光電センサ 3 5 としてはフォトマルチプライア又はフォトダイオード等が使用でき

る。

結像特性を計測する際には、まず、図 1 のレチクル 9 の代わりに所定の特性評価用マークが描画されたテストレチクルがレチクルステージ 10 上に載置され、その特性評価用マークと図 5 の光電検出部 19 の開口 34 とがほぼ共役関係となるように、ウエハステージ 14 の位置決めが行われる。その後、照明光 IL が照射されて、図 7 に示すようにその特性評価用マークの像 36 が光電検出部 19 の開口 34 の近傍に投影される。通常、その特性評価用マークとしては、投影光学系 11 の露光領域内の複数の計測点に対応して配置された複数個の周期パターン（例えば  
ライン・アンド・スペースパターン）が使用され、その特性評価用マークの像 36 の周期方向である計測方向（図 7 では X 方向）の全体の幅は、開口 34 の X 方向の幅よりも短くなるようにしてある。この状態で、ウエハステージ 14 を駆動して、開口 34 が特性評価用マークの像 36 を横切るように光電検出部 19 を X 方向に走査し、主制御系 21 において  
光電検出部 19 の検出信号 DS をウエハステージ 14 の X 座標に対応させて記憶する。

この結果、図 8 の曲線 37 で示すように、走査方向の位置 X に対応して階段状に変化する検出信号 DS が得られる。検出信号 DS は特性評価用マークの像 36 の光量を走査方向に対して積分した積算光量に対応している。そこで、主制御系 21 内の演算部にて、その検出信号 DS を走査方向の位置 X に対して微分して、図 9 の曲線 38 で示すように微分信号  $dDS/dX$  を得る。この微分信号  $dDS/dX$  は、特性評価用マークの像 36 の X 方向の光量分布を再現した信号であり、その主制御系 21 内の演算部は例えばその微分信号  $dDS/dX$  をフーリエ級数展開することで、その微分信号  $dDS/dX$  の振幅や X 方向の中心位置を求める。その振幅、及び中心位置はそれぞれその特性評価用マークの像 36



のコントラスト、及び投影位置を表している。上記のように特性評価用マークは、投影光学系 1 1 の露光領域内の複数の計測点に投影されているため、主制御系 2 1 は、それらの複数の計測点において、特性評価用マークの像のコントラスト及び投影位置を求める。そして、これらの計測結果を処理することで以下のような投影光学系 1 1 の結像特性が求められる。

(A) ベストフォーカス位置及び像面湾曲

上記のように投影光学系 1 1 の露光領域内の複数の計測点に投影される特性評価用マークの像のコントラスト、及び投影位置を計測する際に、各計測点においてウエハステージ 1 4 の Z ステージ部を駆動して光電検出部 1 9 のフォーカス位置を所定量ずつ変えてそれぞれ当該特性評価用マークの像のコントラストを計測する。このように計測を行う際に、図 1 の A F センサ 1 5 を用いて光電検出部 1 9 の平行平板 3 3 の表面のフォーカス位置を計測しておく。

そして、各計測点において特性評価用マークの像のコントラスト（図 9 の微分信号  $dDS/dX$  の振幅）が最も高くなるときのフォーカス位置をベストフォーカス位置（像面の位置）として求める。このとき、例えば複数の計測点で求められるベストフォーカス位置を平均化した値を投影光学系 1 1 のベストフォーカス位置とする。なお、このようにして求められるベストフォーカス位置は、上記のようにテストプリントによって求められたウエハ側の基準面に対するずれ量となっているため、本例ではテストプリントによって求められた基準面のキャリブレーションを行ったことになる。

また、その複数の計測点で求められるベストフォーカス位置の分布によって投影光学系 1 1 の像面湾曲を求めることができる。

なお、各計測点には、それぞれ計測方向（周期方向）が X 方向及び Y

方向の特性評価用マークを投影しておき、各計測点では2つの計測方向の投影位置を求めるようにようにしてもよい。この場合に各計測点でベストフォーカス位置を求める際には、その2つの計測方向のベストフォーカス位置の平均値を求めれば良い。更に、各計測点で2つの計測方向のベストフォーカス位置の差分を求めることで非点収差を求めることもできる。

#### (B) 倍率誤差、及びディストーション

上記のようにテストレチクルの複数の評価用マークの像の投影位置を計測し、これらの評価用マークの像の投影位置間の間隔を算出し、この算出された間隔をテストレチクル上の対応する評価用マーク間の予め求められている間隔で除算することによって、投影光学系11の投影倍率 $\beta$ を求める。この投影倍率 $\beta$ の設計値 $\beta_0$ からの誤差 $\Delta\beta$ が倍率誤差となる。また、投影光学系11の露光領域において、光軸に対する間隔が互いに異なる複数の計測点でそれぞれ評価用マークの像の投影位置の設計上の位置からのずれ量を求めることによって、ディストーションを求めることができる。

#### (C) 球面収差

上記のテストレチクル上の各評価用マークとしてそれぞれ複数の異なるピッチの周期マークを形成しておき、投影光学系11のほぼ光軸上の計測点において、それらの異なるピッチの周期マークの像のベストフォーカス位置を計測し、これらのベストフォーカス位置の変化量を求めることによって球面収差を求めることができる。

#### (D) コマ収差

球面収差計測時に用いたテストレチクルを用いて、投影光学系11の光軸から離れた計測点において、それらの異なるピッチの周期マークの像の投影位置を計測し、これらの投影位置のずれ量を求めることによ

て、コマ収差を求めることができる。

なお、結像特性の計測機構は本例の機構に限られるものではなく、結像特性を計測するものであれば、いかなる機構であってもよい。

[投影光学系の結像特性の設置環境に対する依存性の計測]

- 5       さて、露光に際しては投影光学系の結像特性を常に良好な状態に維持しておく必要があるが、その投影光学系の組立調整を行う「組立地」と、その投影光学系 1 1 を組み込んで実際に露光を行う半導体製造工場等の「移設地」とで、設置環境（投影光学系の周囲の気体の気圧、温度、湿度等）が異なると、その移設地では組立調整時に得られた結像特性が正確に再現されないことになる。そのため、図 1 において、投影光学系 1 1 の近傍には投影光学系 1 1 の周囲の気体の圧力（気圧）、温度、及び湿度を計測するための環境センサ 2 0 が配置され、この環境センサ 2 0 の計測結果が主制御系 2 1 に供給されている。環境センサ 2 0 と同様のセンサが投影光学系 1 1 の組立地にも備えられている。
- 10       ただし、組立地における投影光学系の組立調整は内部の気体の温度及び湿度が管理されたチャンバ内で行われると共に、移設地においてその投影光学系を備えた投影露光装置は内部の気体の温度及び湿度が高度に管理されたチャンバ内で稼働する。それに対して、組立地のチャンバ内、及び移設地のチャンバ内に供給される気体（例えばオゾンの含有量を低く抑えた空気、窒素、又はヘリウム等）は、それぞれそれらのチャンバの外部のクリーンルーム内の空気の圧力、即ちその組立地又は移設地の大気圧とほぼ等しい圧力で供給されるため、組立地と移設地とで例えば標高の相違によって大気圧が異なると、投影光学系の結像特性が変動することになる。そこで、以下ではその投影光学系の周囲の気体の温度及び湿度の変化による結像特性の変動は考慮することなく、その投影光学系の周囲の気圧（ほぼ組立地又は移設地の大気圧に等しい）の変動によ
- 15
- 20
- 25

る結像特性の変動特性を求めるものとする。

なお、組立地と移設地とで投影光学系の周囲の温度及び湿度が変動し、これによって結像特性が許容範囲を超えて変動する恐れのある場合には、温度及び湿度も結像特性に影響を与えるパラメータとし、以下で説明する気圧と同様に補正すればよい。

まず、結像特性の内のデフォーカス量  $F_{PRESS}$  を、投影光学系 11 の周囲の気圧の変化量  $\Delta P$  を用いて次のように表す。この気圧の変化量  $\Delta P$  はほぼ大気圧の変化量とみなすことができる。

$$F_{PRESS} = K_{FP} \times \Delta P \quad \dots (2)$$

ただし、係数  $K_{FP}$  は、気圧の変化量に対するデフォーカス量の変化率である。同様に、それぞれ気圧の変化量に対する変化率である係数  $K_{CUP}$ 、 $K_{MP}$ 、 $K_{DP}$ 、 $K_{COP}$ 、 $K_{SAP}$  を導入して、次のように各結像特性の変化量を気圧の変化量  $\Delta P$  を用いて表す。

$$\begin{bmatrix} F_{PRESS} \\ C_{UPRESS} \\ M_{PRESS} \\ D_{PRESS} \\ C_{OPRESS} \\ S_{APRESS} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{FP} \\ K_{CUP} \\ K_{MP} \\ K_{DP} \\ K_{COP} \\ K_{SAP} \end{bmatrix} \cdot \Delta P \quad \dots (3)$$

なお、(3式)には(2式)も含まれていると共に、各結像特性の変化量の意味は以下の通りである。

$F_{PRESS}$  : 気圧変化によるデフォーカス量、

$C_{UPRESS}$  : 気圧変化による像面湾曲の変化量、

$M_{PRESS}$  : 気圧変化による投影倍率の変化量 (倍率誤差)、

$D_{PRESS}$  : 気圧変化によるディストーションの変化量、

$C_{OPRESS}$  : 気圧変化によるコマ収差の変化量、

$S_{APRESS}$  : 気圧変化による球面収差の変化量。

なお、図 2 の絞り可変板 5 中の  $\sigma$  絞り 5 a ~ 5 d、レチクル 9 のパターンの種類（パターン情報）、及び投影光学系 1 1 の開口数等の照明条件や露光条件により、気圧変化時のそれらの係数  $F_{PRESS} \sim S A_{PRESS}$  の値が異なる場合がある。この場合には、各照明条件及び露光条件毎にそれらの係数を新たに計測しておき、露光時の照明条件及び露光条件に応じて最適な係数を使用すればよい。

ここで問題となるのは、いかにして気圧変化時のそれらの係数  $F_{PRESS} \sim S A_{PRESS}$  の値を決定するかである。最も正確な方法は、投影光学系 1 1 の組立地において投影光学系 1 1 を気圧可変の気圧チャンバ内に収納して、内部の気圧を変更しながら各結像特性の変化量を計測する方法であるが、これは大型で高精度の気圧チャンバを必要とするため製造コストが上昇する。

そこで、既に説明したように光学系においては照明光の波長  $\lambda$  を変更することと、周囲の気圧  $P$  を変更することとは実質的に等価であることを利用する。そして、投影光学系 1 1 の周囲の気体の屈折率、及び投影光学系 1 1 を構成するレンズの硝材の屈折率をそれぞれ例えば (A 1) 式及び (A 2) 式に対応する式で近似することによって、その波長  $\lambda$  の変化量  $\Delta \lambda$  とその気圧  $P$  の変化量  $\Delta P$  との変換関係を例えば (A 5) 式に対応させて算出する。複数種類の硝材を使用する場合には、例えば各硝材について求められる式を平均化した式を使用すればよい。このように算出された所定の係数  $K 6$  を用いて、 $\Delta \lambda = K 6 \cdot \Delta P$  となる。これは、気圧  $P$  のみを  $\Delta P$  だけ変更した状態を得たい場合には、気圧  $P$  を一定にした状態で照明の波長  $\lambda$  のみを  $K 6 \cdot \Delta P$  だけ変更すればよいことを意味する。

そこで、図 1 の投影光学系 1 1 の組立地においては、図 1 と同じ構成の組立調整用の投影露光装置を使用するものとして、露光光源 1 の照明

光 I L の波長を中心波長  $\lambda_0$  に設定し、レチクル 9 の代わりに上記のテストレチクルを載置して、図 4 の結像特性補正用のレンズ 23 ~ 27 の駆動量をそれぞれ 0 (中立状態) に設定した状態で、光電検出部 19 を用いてデフォーカス量 ~ 球面収差の各結像特性を計測しながら、各結像特性をそれぞれ最良の状態に設定する。この際に計測される各結像特性の残留誤差を計測して記憶しておく。

その後、環境センサ 20 を用いて投影光学系 11 の周囲の気圧 (これを  $P_{ini}$  とする) を計測する。次に、図 3 の露光光源 1 の回折格子 22 を回転させて照明光 I L の波長  $\lambda$  を  $\Delta \lambda_s$  だけ変更した後、光電検出部 19 を用いて再びデフォーカス量 ~ 球面収差の結像特性を計測する。同様に、露光光源 1 の照明光 I L の波長を  $2 \cdot \Delta \lambda_s$ ,  $3 \cdot \Delta \lambda_s$ , ...,  $n \cdot \Delta \lambda_s$  ( $n$  は 2 以上の整数) と変更しながら、それぞれ光電検出部 19 を用いてデフォーカス量 ~ 球面収差の結像特性を計測する。更に、露光光源 1 の照明光 I L の波長を中心波長  $\lambda_0$  に対して  $-\Delta \lambda_s$ ,  $-2 \cdot \Delta \lambda_s$ , ...,  $-n \cdot \Delta \lambda_s$  と変更しながら、それぞれデフォーカス量 ~ 球面収差の結像特性を計測する。

図 10 及び図 11 には、そのようにして計測される結像特性の中でデフォーカス量  $\Delta F$  及び倍率誤差  $\Delta B$  が示されている。図 10 及び図 11 の横軸は照明光 I L の波長の変化量  $\Delta \lambda$  であるが、この変化量  $\Delta \lambda$  を上記の関係式 ( $\Delta \lambda = K_6 \cdot \Delta P$ ) を用いて気圧の変化量  $\Delta P$  に換算する。

その後、各結像特性毎の計測データを最小 2 乗近似することによって、気圧の変化量  $\Delta P$  に対するデフォーカス量 ~ 球面収差の変化率を表す係数  $K_{FP}$ ,  $K_{CUP}$ ,  $K_{MP}$ ,  $K_{DP}$ ,  $K_{COP}$ ,  $K_{SAP}$  を算出する。図 10 及び図 11 の例では、計測データをそれぞれ最小 2 乗近似直線 39 及び 40 で近似すると、最小 2 乗近似直線 39 及び 40 の傾きがそれぞれデフォーカス量  $\Delta F$  の係数  $F_{PRESS}$ 、及び倍率誤差  $\Delta B$  の係数  $M_{PRESS}$  となる。

これらの係数 $K_{FP} \sim K_{SAP}$ 、及び投影光学系 11 の組立調整時の気圧 $P_{ini}$ の情報は、図 1 の主制御系 21 に接続されている記憶部 21a に記憶される。

[移設地での結像特性の補正方法]

上記のように投影光学系 11 の組立地での気圧は $P_{ini}$ であり、その投影光学系 11 が装着された投影露光装置が設置される半導体製造工場等の移設地での或る露光工程中での投影光学系 11 の周囲の気圧（ほぼその移設地のその時点での大気圧に等しい）を $P_{run}$ とする。この場合、移設地での気圧 $P_{run}$ が組立地での気圧 $P_{run}$ と異なる場合には、露光光源 1 の照明光 IL の波長 $\lambda$ を中心波長 $\lambda_0$ に設定すると、最良の結像特性が得られないことになる。そこで、最良の結像特性を得るために、図 1 においてその露光工程中に主制御系 21 は、環境センサ 20 を介して周囲の気圧 $P_{run}$ を計測し、記憶部 21a に記憶されている組立地での気圧 $P_{ini}$ に対する変化量 $\Delta P (= P_{run} - P_{ini})$ を算出する。

次に主制御系 21 は、記憶部 21a に記憶されている係数 $K_{FP} \sim K_{SAP}$ とその気圧の変化量 $\Delta P$ とを（3式）に代入して、デフォーカス量 $F_{PRESS} \sim$ 球面収差の変化量 $SA_{PRESS}$ を算出する。これによって、その露光工程でのデフォーカス量 $F$ 、像面湾曲 $CU$ 、倍率誤差 $M$ 、ディストーション $D$ 、コマ収差 $CO$ 、球面収差 $SA$ は、次のようになる。

$$\begin{bmatrix} F \\ CU \\ M \\ D \\ CO \\ SA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{PRESS} \\ CU_{PRESS} \\ M_{PRESS} \\ D_{PRESS} \\ CO_{PRESS} \\ SA_{PRESS} \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

そこで、主制御系 21 は、デフォーカス量 $F$ を除いた 5 個の結像特性を図 4 のレンズ 23 ～ 27 の駆動によって補正するために、（1式）の

一部の逆変換に対応する次式を用いて、レンズ 2 3 ～ 2 7 の光軸方向の駆動量  $G_1 \sim G_5$  を求める。

$$\begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ G_4 \\ G_5 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} C_{21} & \cdots & C_{25} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{61} & \cdots & C_{65} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} CU \\ M \\ D \\ CO \\ SA \end{bmatrix} \quad \cdots (5)$$

主制御系 2 1 は、(5 式) で定まる駆動量  $G_1 \sim G_5$  を図 4 の結像特性制御部 1 8 に供給して、レンズ 2 3 ～ 2 7 を駆動させる。これによって、像面湾曲  $CU$ 、倍率誤差  $M$ 、ディストーション  $D$ 、コマ収差  $CO$ 、球面収差  $SA$  はそれぞれ許容範囲内に抑えられる。

ただし、レンズ 2 3 ～ 2 7 の駆動によって、副作用的に新たなデフォーカス量が発生する。主制御系 2 1 は、(1 式) の一部の係数を用いてその新たなデフォーカス量  $FG$  を次式より求める。

$$FG = [C_{11} \ C_{12} \ C_{13} \ C_{14} \ C_{15}] \cdot \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ G_4 \\ G_5 \end{bmatrix} \quad \cdots (6)$$

総合的に、気圧変化分、及びレンズ群の移動による変化分を合わせた投影光学系 1 1 のデフォーカス量  $FL$  は、次のようになる。

$$FL = F + FG \quad \cdots (7)$$

このデフォーカス量  $FL$  は、図 1 のウエハステージ 1 4 の Z ステージ部を駆動することによって補正することができる。

次に、そのデフォーカス量の補正方法につき説明する。まず、図 1 において、レチクル側の  $AF$  センサ 1 6 によってレチクル 6 のパターン面



(レチクル面) の上記の基準面からの Z 方向への位置ずれ量  $R_z$  を計測し、ウエハ側の AF センサ 15 によってウエハ 12 の表面 (ウエハ面) の上記の基準面からの Z 方向への位置ずれ量  $W_z$  を計測する。そして、投影光学系 11 の投影倍率  $\beta$  を用いて、主制御系 21 は次式からウエハ面の投影光学系 11 の像面に対するデフォーカス量  $dF$  を算出する。

$$dF = R_z \times \beta^2 - W_z \quad \dots (8)$$

そして、(7 式) のデフォーカス量  $FL$  が 0 であるときには、(8 式) のデフォーカス量  $dF$  が 0 となるようにウエハステージ 14 の Z ステージ部を Z 方向に移動する。これによってレチクル 9 とウエハ 12 との共役関係が保たれる。具体的に例えば図 1 の投影露光装置がステップ・アンド・スキャン方式であるとして、レチクル 9 の走査中にレチクル面が Z 方向に  $10 \mu m$  ずれたとすると、投影倍率  $\beta$  が 0.25 倍のときに像面は Z 方向に  $0.625 \mu m$  移動する。このとき、Z ステージ部を駆動してウエハ 12 を Z 方向に  $0.625 \mu m$  変位させることによって、(8 式) のデフォーカス量  $dF$  は 0 となる。

更に、投影光学系 11 の周囲の気圧の変化に依って (7 式) に示すように投影光学系 11 の像面がデフォーカス量  $FL$  だけ変動した場合には、(8 式) にそのデフォーカス量  $FL$  を加算してデフォーカス量  $dF'$  を算出する。

$$dF' = FL + R_z \times \beta^2 - W_z \quad \dots (9)$$

そして、主制御系 21 はそのデフォーカス量  $dF'$  を相殺するようにウエハステージ 14 中の Z ステージ部を駆動する。これによって、投影光学系 11 の周囲の気圧が変化した場合でも、常に合焦状態で高い解像度で露光が行われる。

[高地オフセット]

上記の実施の形態では、投影光学系の設置環境が変化した場合に、そ

の設置環境に応じて投影光学系の結像特性を補正することによって最良の結像特性を得ていた。これに対して、投影光学系の組立調整時に予めその投影光学系の移設地と実質的に同じ設置環境（疑似的な設置環境）を作り出すことも可能である。ここでは、その設置環境として投影光学系の周囲の気圧に着目する。また、ここではその周囲の気圧はその投影光学系の移設地の大気圧と同じものとする。なお、大気圧は、気象条件によって変動するため、以下では年平均の大気圧を考える。

このような年平均の大気圧は、標高の高い場所では次第に低くなる。そこで、投影光学系の組立地の標高と移設地の標高との相違より、移設地と組立地との大気圧の平均的な変化量  $\Delta P$  を求める。なお、移設地で実際に観測される平均的な大気圧と組立地でその投影光学系の組立中に観測される平均的な大気圧との差分をその変化量  $\Delta P$  とすることが望ましい。

そして、第1の方法として、投影光学系11の組立調整時には照明光ILの波長を中心波長 $\lambda_0$ に設定して、最良の結像特性が得られるように調整を行う。この場合には移設地において、その大気圧の変化量 $\Delta P$ による結像特性の変化量を相殺するような結像特性の変化量を引き起こす照明光の波長の変化量を $-\Delta\lambda$ として、照明光ILの波長を中心波長 $\lambda_0$ に対して $-\Delta\lambda$ だけ変化させておく。これによって、大気圧の変化量 $\Delta P$ と波長の変化量 $-\Delta\lambda$ とによる結像特性の変化量が全体としてはほぼ0になるため、移設地でもほぼ最良な結像特性が得られる。この方法では、投影光学系11の組立調整時の煩雑な波長管理が不要であるため、投影光学系11の製造コストを低減する利点があり、また移設地が変更された場合でも柔軟に対処できるという利点がある。

また、第2の方法として、その大気圧の変化量 $\Delta P$ と等価な照明光ILの波長の変化量を $\Delta\lambda$ として、組立地においては、図1の露光光源1

の照明光 I L の波長を中心波長  $\lambda_0$  に対して  $\Delta\lambda$  だけずらした状態で、  
投影光学系 1 1 の各結像特性を最良な状態に設定しておく方法もある。  
その後、投影光学系 1 1 を移設地で稼働させる際には、露光光源 1 の照  
明光 I L の波長を中心波長  $\lambda_0$  に戻す。この際に、大気圧が  $\Delta P$  だけ変  
動しているため、組立調整時と同じく最良の結像特性が得られる。この  
方法では、移設地では、全ての投影露光装置の照明光の波長が一定とな  
っているため、露光光源自体の信頼性が高く維持されて、メンテナンス  
も容易である。

これらの方法を用いれば、投影光学系の組立地と移設地とに標高差に  
基づく大気圧差がある場合でも、移設先での投影光学系の調整作業量を  
大幅に低減することができる。

また、例えば 1 ロットの露光の最初に大気圧を測定して、その大気圧  
の移設地の標準大気圧からの変化量を求め、この大気圧の変化量に応じ  
た照明光の波長の変更を行うことで、結像特性の補正を行うようにして  
もよい。

このとき、投影光学系が単一の硝材より構成される投影光学系であれ  
ば、照明光の波長の変更により大気圧変化による結像特性の変化を完全  
に補正することができるが、投影光学系が複数種類の硝材より構成され  
ている場合には、照明光の波長の変更のみでは大気圧変化による結像特  
性の変化を完全に補正することができない。従って、投影光学系が複数  
種類の硝材から構成されている場合には、照明光の波長の変更した後で  
残留している結像特性の誤差を、結像特性補正用のレンズを駆動するこ  
とにより補正する。

また、1 ロットのような短い時間ではその間の大気圧変化が小さく、  
これによる結像特性の変化も小さいことから、1 ロットの露光中の大気  
圧変化による結像特性の変化については、結像特性補正用のレンズの駆

動を行うことで補正できる。

なお、大気圧を連続的に計測して、リアルタイムで照明光の波長の変更による結像特性の補正を行うようにしてもよく、ウエハの交換時や1  
ショットの露光毎等に照明光の波長の変更を行うようにしてもよい。また、  
5 大気圧が所定の許容量以上変化した際に、照明光の波長の変更による結像特性の補正を行うようにしてもよく、この場合には、照明光の波長の変更による時間のロスを最小限に抑えることができる。

また、二重露光を行う際等の開口絞りやレチクルの変更時等の時間を利用して照明光の波長の変更による結像特性の補正を行うようにしてもよく、  
10 照明光の波長の変更による時間のロスを低減することができる。

また、照明光の波長の変更によって、照明光の照射による結像特性の変動も補正するようにしてもよい。この場合、照射変動モデルは、複数の代表的な波長毎に実験的にシミュレーションで求めて記憶しておく。  
また、波長変更でレジスト感度が変化する場合も、照明光の照射による  
15 結像特性の変動を補正する場合と同様に積算露光のパラメータを切り換える。いずれの場合においても、保管したモデル間の波長について補間計算により補正值を算出してもよく、これによって、少ないデータ管理で、より高精度な露光を行うことができる。

なお、上記の実施の形態の投影露光装置の用途としては半導体製造用の投影露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレート  
20 に液晶表示素子パターンを露光する場合や、CCD等の撮像素子、プラズマディスプレイ素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造する場合にも広く適用できる。

また、投影露光装置の露光用の照明光として、DFB半導体レーザ又はファイバレーザから発振される赤外域又は可視域の単一波長レーザを、  
25 例えばエルビウム（Er）（又はエルビウムとイッテルビウム（Yb）

の両方) がドーブされたファイバーアンプで増幅し、かつ非線形光学結  
晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。この場合には、  
例えば、単一波長レーザの発振波長を  $1.544 \sim 1.553 \mu\text{m}$  の範  
囲内として、 $193 \sim 194 \text{ nm}$  の範囲内の 8 倍高調波、即ち Ar F エ  
キシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光を得るようにしてもよく、発  
振波長を  $1.57 \sim 1.58 \mu\text{m}$  の範囲内として、 $157 \sim 158 \text{ nm}$   
の範囲内の 10 倍高調波、即ち F<sub>2</sub> レーザとほぼ同一波長となる紫外光  
を得るようにしてもよい。

なお、投影露光装置の露光用の照明光として、エキシマレーザ等の遠  
紫外線を用いる場合には、投影光学系等の硝材として石英 (SiO<sub>2</sub>)  
や蛍石 (CaF<sub>2</sub>) 等の遠紫外線を透過する材料が用いられる。また、  
投影光学系は屈折系、反射系、及び屈折レンズと凹面鏡等の反射光学素  
子とを組み合わせ構成した反射屈折系 (カタジオプトリック系) の何  
れでもよい。反射屈折系としては、例えば米国特許第 5788229 号  
に開示されているように、複数の屈折光学素子と 2 つの反射光学素子  
(少なくとも一方は凹面鏡) とを、折り曲げられることなく一直線に延  
びる光軸上に配置した光学系を用いることができる。なお、本国際出願  
で指定した指定国、又は選択した選択国の国内法令の許す限りにおいて  
この米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

また、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装  
置本体に組み込み光学調整をすると共に、多数の機械部品からなるレチ  
クルステージやウエハステージを投影露光装置本体に取り付けて配線や  
配管を接続し、更に総合調整 (電気調整、動作確認等) をすることによ  
り、上記の実施の形態の投影露光装置を製造することができる。なお、  
投影露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルー  
ムで行うことが望ましい。

そして、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、このステップに基づいたレチクルを製造するステップ、シリコン材料からウエハを制作するステップ、前述した実施の形態の投影露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。また、明細書、特許請求の範囲、図面、及び要約を含む 1998 年 9 月 17 日付け提出の日本国特許出願第 10-262802 号の全ての開示内容は、そっくりそのまま引用して本願に組み込まれている。

#### 産業上の利用の可能性

本発明の第 1 の投影光学系の調整方法によれば、照明光の波長を変化させることによって、実際に投影光学系の周囲の設置環境を変化させることなく、実質的にその設置環境の変化に対するその投影光学系の結像特性の変動量の関係（依存性）を短時間に測定できる。また、本発明によれば、近年使用されるようになっている反射屈折型のように巨大な投影光学系の組立調整も、それに応じた巨大な気圧チャンバを使用することなく、低い製造コストで容易に行うことができる利点がある。

また、本発明の第 2、又は第 3 の投影光学系の調整方法によれば、投影光学系の組立地と、その投影光学系の移設地との間で設置環境（大気圧等）が異なる場合に、その組立地の設置環境を変化させることなく、実質的にその移設地での設置環境に合わせてその投影光学系の調整を行うことができる利点がある。

また、本発明の第 1、又は第 2 の投影露光装置によれば、それぞれ本

発明の第 1 の投影光学系の調整方法、又は本発明の第 2 若しくは第 3 の  
投影光学系の調整方法を実施できる。

また、本発明の露光方法によれば、設置環境の変動に起因して生じる  
投影光学系の結像特性の変化を高精度に補正することができる。また、  
5 本発明のデバイスの製造方法によれば、高機能のデバイスを製造するこ  
とができる。

10

15

20

25

## 請 求 の 範 囲

1. 第1面のパターンの像を第2面上に投影する投影光学系の調整方法において、

5 前記第1面のパターンを照明する照明光の波長を変化させて、前記第2面上に前記投影光学系を介して投影される像の結像特性の変化量を検出することを特徴とする投影光学系の調整方法。

2. 前記照明光の波長の変化量と対応する前記結像特性の変化量との関係に基づいて、前記投影光学系の所定の設置環境が変化したときに前記  
10 投影光学系の結像特性を調整することを特徴とする請求の範囲1記載の投影光学系の調整方法。

3. 第1面のパターンの像を第2面上に投影する投影光学系の調整方法において、

前記投影光学系の組立調整を行う組立地と、前記投影光学系が使用される移設地との間で設置環境が異なる場合に、  
15

前記移設地で前記投影光学系を使用する際に前記第1面のパターンを照明する際の照明光の波長を前記設置環境の変化量に応じて変化させることを特徴とする投影光学系の調整方法。

4. 第1面のパターンの像を第2面上に投影する投影光学系の調整方法  
20 において、

前記投影光学系の組立調整を行う組立地と、前記投影光学系が使用される移設地との間で設置環境が異なる場合に、

前記組立地で前記投影光学系の組立調整を行う際に前記第1面のパターンを照明する照明光の波長を前記移設地の設置環境に応じて変化させておくことを特徴とする投影光学系の調整方法。  
25

5. 請求の範囲2、3、又は4記載の投影光学系の調整方法であって、



前記投影光学系の内部には大気に連動して気圧の変化する気体が供給されており、前記投影光学系の所定の設置環境の変化とは大気圧の変化であることを特徴とする投影光学系の調整方法。

6. 照明光でマスクパターンを照明する照明光学系と、前記マスクパターンの像を基板上に投影する投影光学系と、を備えた投影露光装置において、

前記照明光の波長を変化させる波長可変装置と、

前記投影光学系の結像特性の変化量を計測する結像特性計測系と、

前記投影光学系の設置環境を計測する設置環境計測系と、

前記照明光の波長の変化量と対応する前記結像特性の変化量との関係に基づいて、前記設置環境計測系の計測結果に応じて前記投影光学系の結像特性を調整する結像特性調整系と、を設けたことを特徴とする投影露光装置。

7. 照明光でマスクパターンを照明する照明光学系と、前記マスクパターンの像を基板上に投影する投影光学系と、を備えた投影露光装置において、

前記照明光の波長を変化させる波長可変装置と、

前記投影光学系の設置環境の実際の変化量、又は予測される変化量に応じて前記波長可変装置による前記照明光の波長の変化量を制御する制御系と、を設けたことを特徴とする投影露光装置。

8. 第1面のパターンの像を第2面上に投影する投影光学系を用いる露光方法において、

前記投影光学系の設置環境を計測するとともに、前記計測された環境と基準環境との差を実質的に相殺するように、前記第1面上に照射される照明光の波長を変化させることを特徴とする露光方法。

9. 請求の範囲8記載の露光方法であって、

前記波長の変更後に生じる前記投影光学系の結像特性の変化量を、前記波長の変更と前記投影光学系の調整との少なくとも一方によって補正することを特徴とする露光方法。

1 0. 請求の範囲 8 又は 9 記載の露光方法であって、

5 前記設置環境以外の要因に起因して生じる前記投影光学系の結像特性の変化量を、前記投影光学系の調整によって補正することを特徴とする露光方法。

1 1. 請求の範囲 8 又は 9 記載の露光方法であって、

10 前記設置環境以外の要因に起因して生じる前記投影光学系の結像特性の変化量を、前記波長の変更によって低減することを特徴とする露光方法。

1 2. 請求の範囲 8 又は 9 記載の露光方法を用いて、デバイスパターンをワークピース上に転写する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

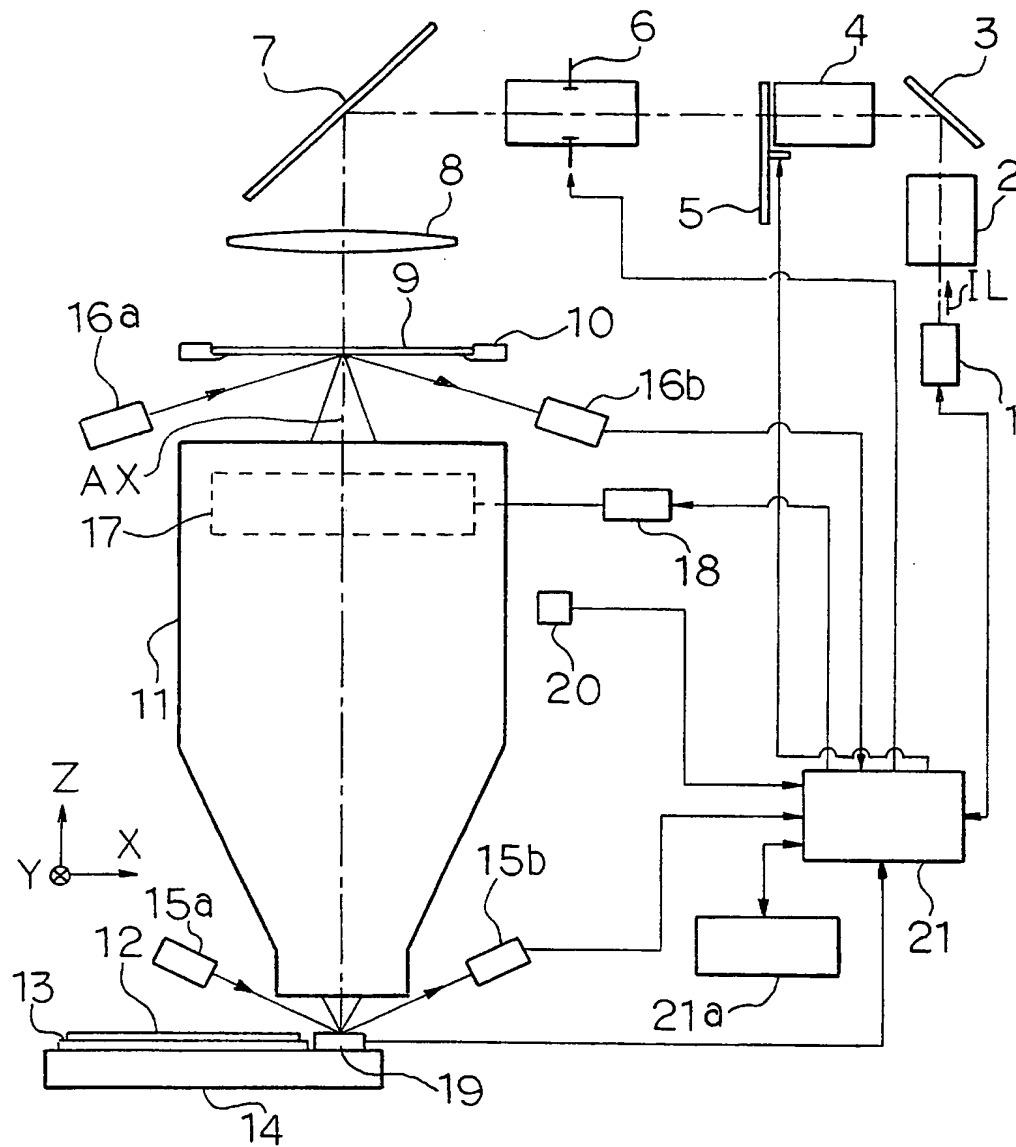
15

20

25

1/7

図 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2/7

図 2

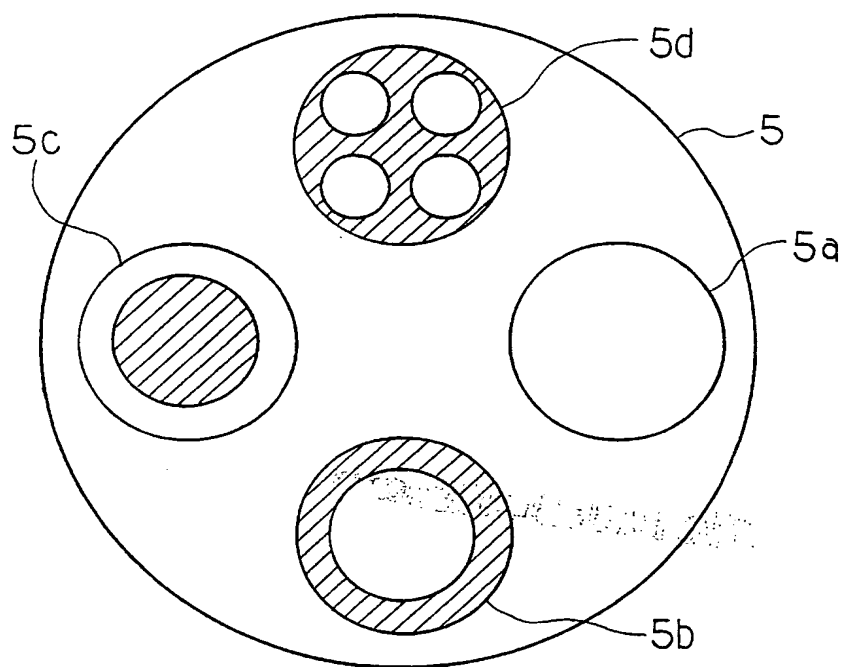
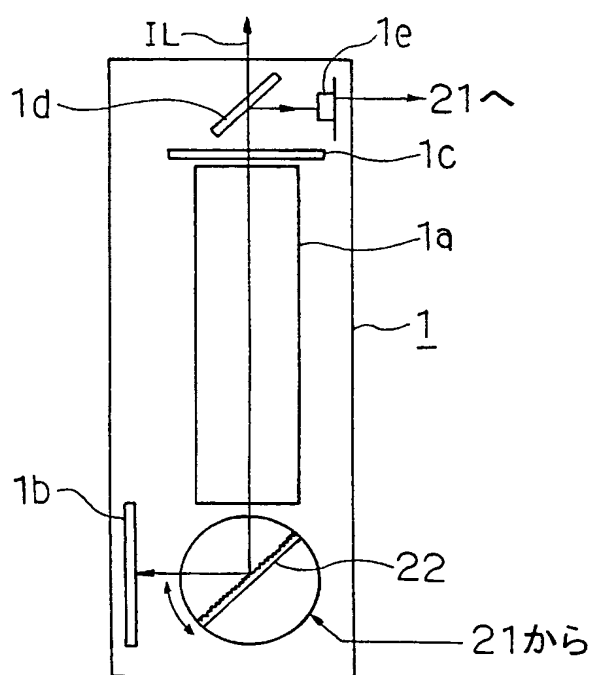


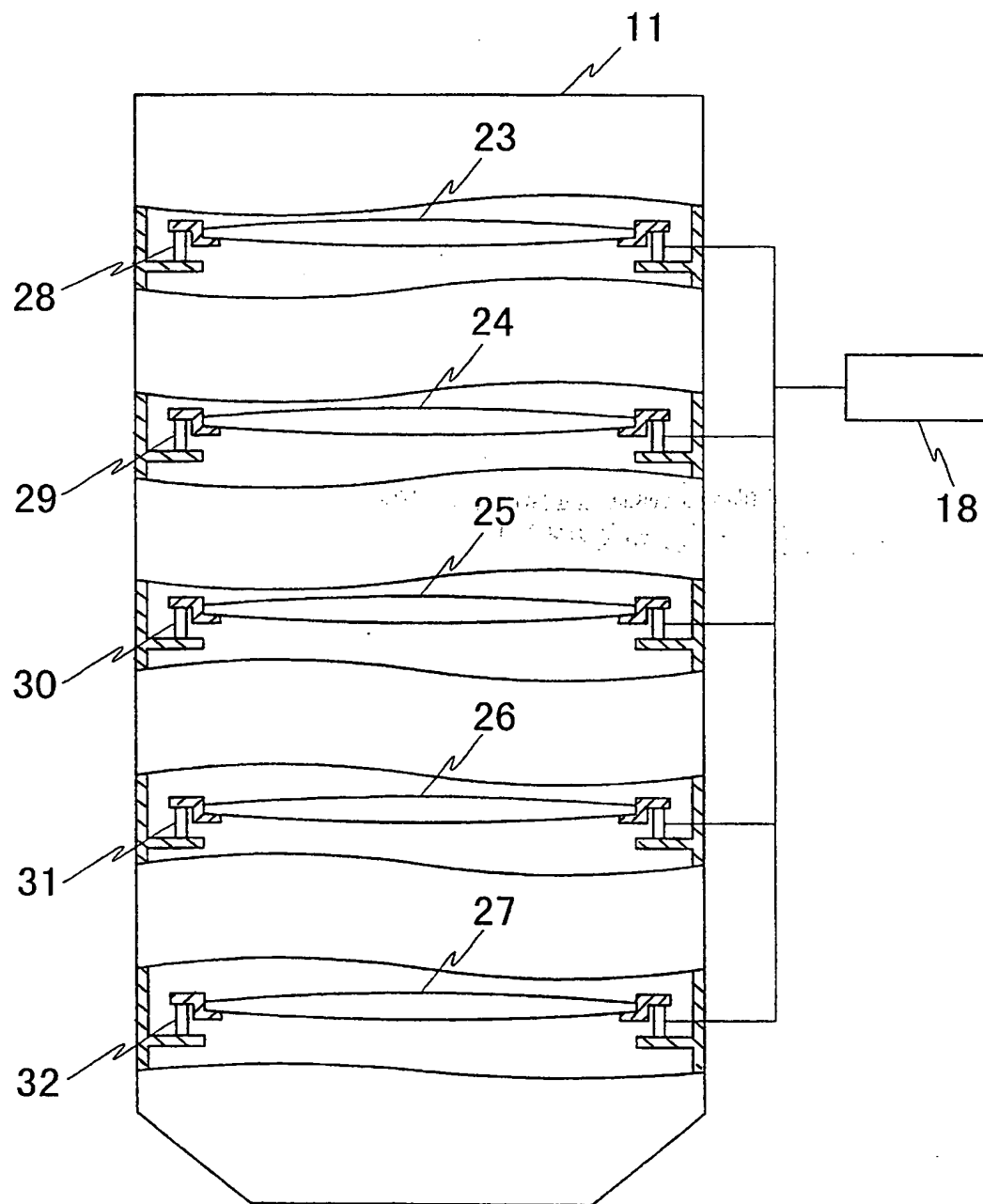
図 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

3/7

図 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



4/7

図 5

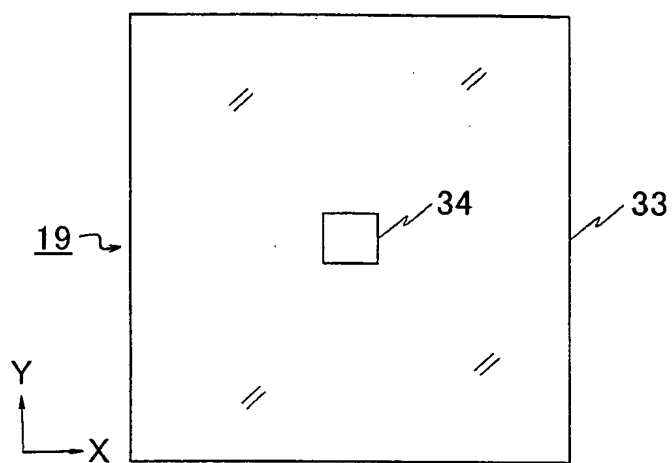


図 6

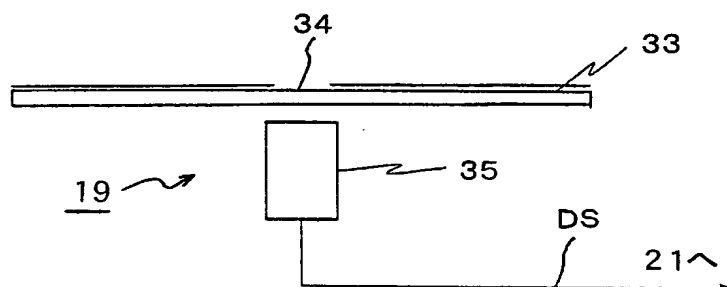
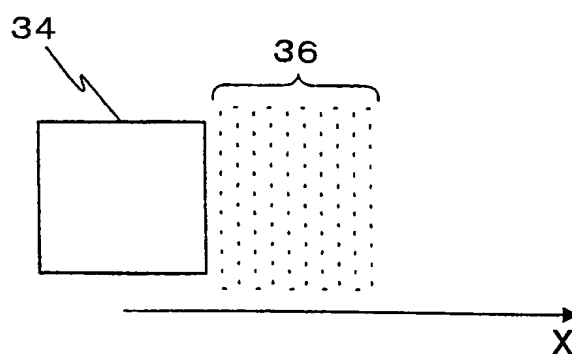


図 7



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

5/7

図 8

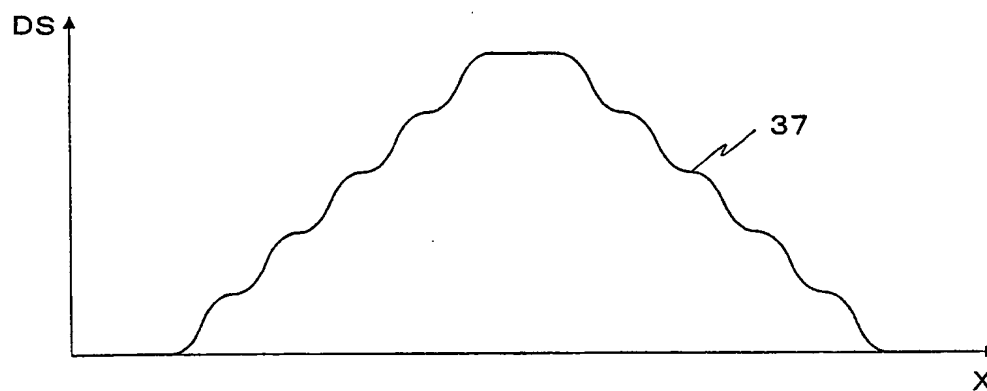
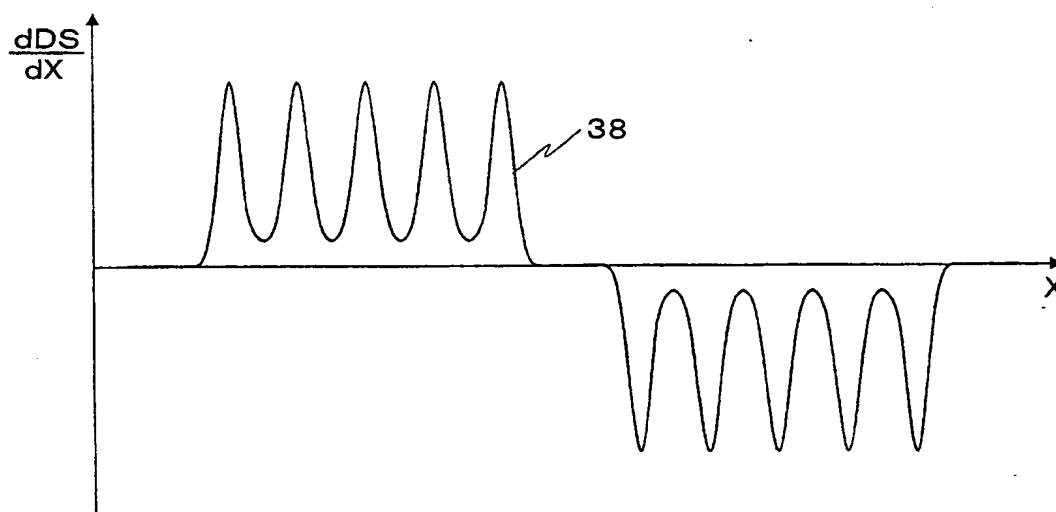


図 9



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

6/7

図 1 0

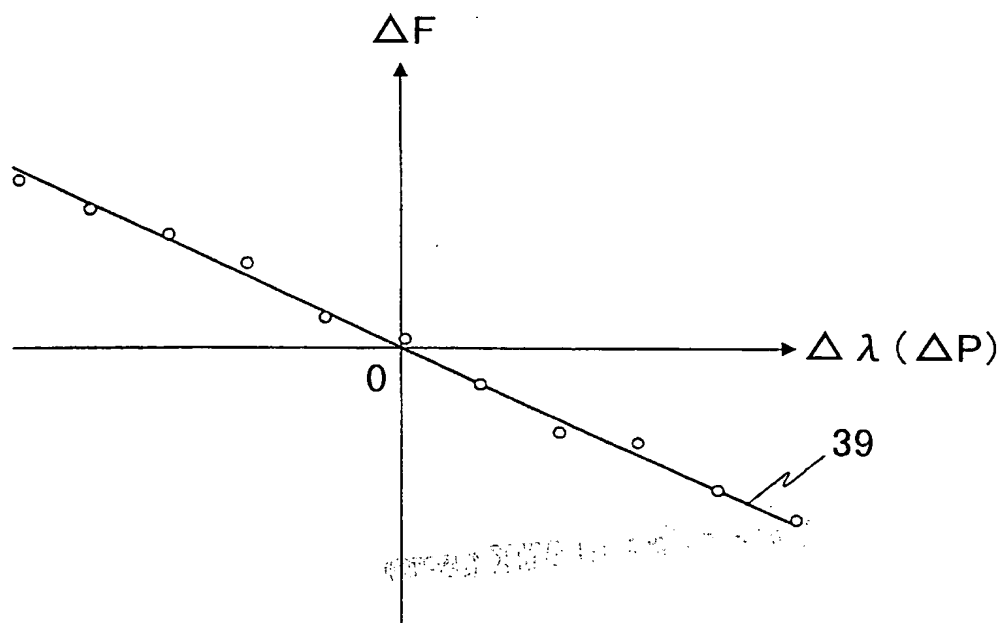
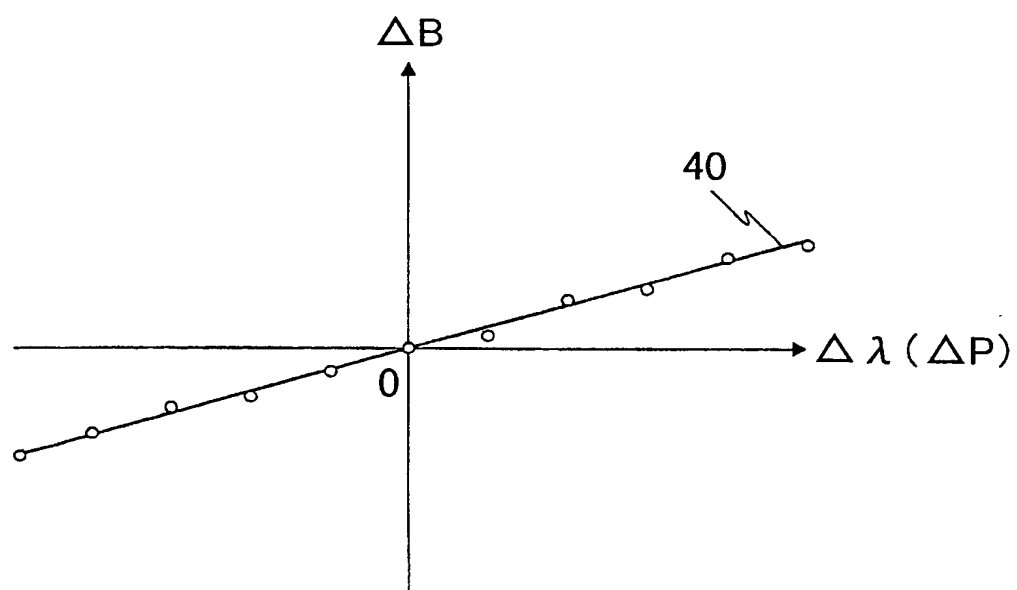


図 1 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

7/7

図 1 2

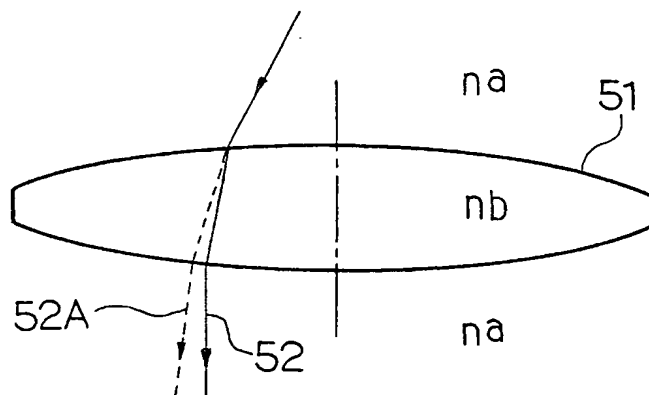


図 1 3

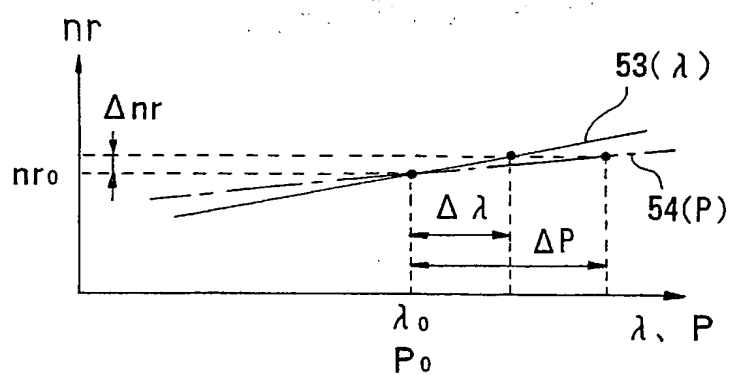
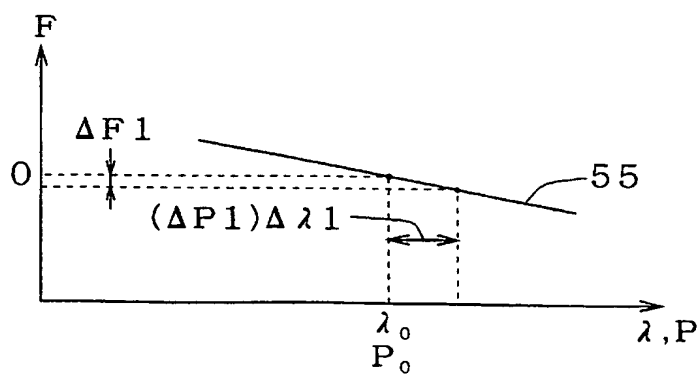


図 1 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04989

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>6</sup> H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>6</sup> H01L21/027Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 7-192990, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 28 July, 1995 (28.07.95), page 1; Claims (Family: none)	1, 2, 5 6-12
Y	JP, 7-245251, A (Nikon Corporation), 19 September, 1995 (19.09.95), page 1; Claims (Family: none)	6-12
Y	JP, 9-199403, A (Nikon Corporation), 31 July, 1997 (31.07.97), page 1; Claims (Family: none)	9-12
Y	JP, 8-305034, A (Canon Inc.), 22 November, 1996 (22.11.96), page 1; Claims & EP, 742492, A1 & US, 5838426, A	9-12
A	JP, 309323, A (Nikon Corporation), 13 December, 1989 (13.12.89), Claims (Family: none)	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
07 December, 1999 (07.12.99)Date of mailing of the international search report  
14 December, 1999 (14.12.99)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 99/04989

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> H01L21/027

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-1999年

日本国登録実用新案公報 1994-1999年

日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P, 7-192990, A (松下電器産業株式会社) 28. 7月. 1995 (28. 07. 95) 1頁, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1, 2, 5 6-12
Y	J P, 7-245251, A (株式会社ニコン) 19. 9月. 1995 (19. 09. 95) 1頁, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	6-12
Y	J P, 9-199403, A (株式会社ニコン) 31. 7月. 1997 (31. 07. 97) 1頁, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	9-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07. 12. 99

国際調査報告の発送日

14.12.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岩本 勉 印

2M

9355

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 8-305034, A (キャノン株式会社) 22. 11月. 1996 (22. 11. 96) 1頁, 特許請求の範囲	9-12
A	& E P, 742492, A1 & US, 5838426, A J P, 309323, A (株式会社ニコン) 13. 12月. 1989 (13. 12. 89) 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-12

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents  
 United States Patent and Trademark  
 Office  
 Box PCT  
 Washington, D.C. 20231  
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

<b>Date of mailing (day/month/year)</b> 05 May 2000 (05.05.00)	<b>Applicant's or agent's file reference</b> 00/06127
<b>International application No.</b> PCT/JP99/04989	<b>Priority date (day/month/year)</b> 17 September 1998 (17.09.98)
<b>International filing date (day/month/year)</b> 13 September 1999 (13.09.99)	
<b>Applicant</b> SUZUKI, Kousuke	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:



in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

14 April 2000 (14.04.00)



in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO  
 34, chemin des Colombettes  
 1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Kiwa Mpay

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

REPLACED  
ART 34 AMDT

# CLAIMS

1. An adjustment method for a projection optical system which projects an image of a pattern on a first surface onto a second surface, characterized by comprising:

changing a wavelength of the illumination light for illuminating the pattern on the first surface, and detecting a change amount of image formation characteristics of an image projected onto the second surface via the projection optical system.

2. The adjustment method for a projection optical system according to Claim 1, characterized in that when a predetermined installation environment of the projection optical system changes, the image formation characteristics of the projection optical system is adjusted based on a relationship between the change amount of the wavelength of the illumination light and the change amount of the image formation characteristics in association with the change amount of the wavelength of the illumination light.

3. An adjustment method for a projection optical system which projects an image of a pattern on a first surface onto a second surface, characterized in that:

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



when an installation environment is different between an assembly location where the projection optical system is assembled and adjusted and a relocated location where the projection optical system is used, the wavelength of the illumination light for illuminating the pattern on the first surface is changed according to a change amount of the installation environment in using the projection optical system at the relocated location.

4. An adjustment method for a projection optical system which projects an image of a pattern on a first surface onto a second surface, characterized in that:

when an installation environment is different between an assembly location where the projection optical system is assembled and adjusted and a relocated location where the projection optical system is used, the wavelength of the illumination light for illuminating the pattern on the first surface is changed according to the installation environment of the relocated location in advance when assembling and adjusting the projection optical system at the assembly location.

5. The adjustment method for a projection optical system according to Claims 2, 3 or 4, characterized in that gas whose barometric pressure changes in association with the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

atmospheric pressure is supplied inside the projection optical system, and the change of the installation environment of the projection optical system is the change of the atmospheric pressure.

6. A projection exposure apparatus comprising an illumination optical system which illuminates a mask pattern by an illumination light, and a projection optical system which projects an image of the mask pattern onto a substrate, characterized by further comprising:

- a wavelength adjusting device which changes the wavelength of the illumination light;

- an image formation characteristics measurement system which measures the change amount of the image formation characteristics of the projection optical system;

- an installation environment measurement system which measures the installation environment of the projection optical system;

- a image formation characteristics adjustment system which adjusts the image formation characteristics of the projection optical system in accordance with the measurement result of the installation environment measurement system, based on a relationship between the change amount of the wavelength of the illumination light and the change amount of the image formation characteristics in association with

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

the change amount of the wavelength of the illumination light.

7. A projection exposure apparatus comprising an illumination optical system which illuminates a mask pattern by an illumination light, and a projection optical system which projects an image of the mask pattern onto a substrate, characterized by further comprising:

a wavelength adjusting device which changes the wavelength of the illumination light;

a control system which controls the change amount of the wavelength of the illumination light which is changed by the wavelength adjusting device in accordance with an actual change amount or a predicted change amount of the installation environment of the projection optical system.

8. An exposure method for projecting an image of a pattern formed on a first surface onto a second surface via a projection optical system, characterized by comprising:

measuring an installation environment of the projection optical system; and

changing a wavelength of the illumination light illuminating on the first surface in order to substantially

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

cancel a difference between the measured environment and a predetermined reference environment.

9. The exposure method according to Claim 8, characterized in that a change amount of the image formation characteristics of the projection optical system which is generated after the change of the wavelength is corrected by at least one of the change of wavelength and an adjustment of the projection optical system.

Sub 10. The exposure method according to Claim 8 or 9, characterized in that the change amount of the predetermined image formation characteristics of the projection optical system caused by a factor other than the installation environment is corrected by adjusting the projection optical system.

11. The exposure method according to Claim 8 or 9, characterized in that the change amount of the predetermined image formation characteristics of the projection optical system caused by a factor other than the installation environment is decreased by changing the wavelength.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



~~12. A device manufacturing method comprising a step of  
transferring the device pattern onto a work piece using the  
exposure method according to any one of Claims 8 or 9.~~

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

E P US

PCT

## 国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
(PCT18条、PCT規則43、44)

出願人又は代理人 の書類記号 00/06127	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。		
国際出願番号 PCT/JP99/04989	国際出願日 (日.月.年) 13.09.99	優先日 (日.月.年) 17.09.98	
出願人 (氏名又は名称) 株式会社ニコン			

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> H01L21/027

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-1999年  
 日本国登録実用新案公報 1994-1999年  
 日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P, 7-192990, A (松下電器産業株式会社) 28. 7月. 1995 (28. 07. 95) 1頁, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1, 2, 5 6-12
Y	J P, 7-245251, A (株式会社ニコン) 19. 9月. 1995 (19. 09. 95) 1頁, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	6-12
Y	J P, 9-199403, A (株式会社ニコン) 31. 7月. 1997 (31. 07. 97) 1頁, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	9-12

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07. 12. 99

国際調査報告の発送日

14.12.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岩本 勉

2M

9355

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 8-305034, A (キャノン株式会社) 22. 11月. 1996 (22. 11. 96) 1頁, 特許請求の範囲	9-12
A	&EP, 742492, A1 &US, 5838426, A JP, 309323, A (株式会社ニコン) 13. 12月. 1989 (13. 12. 89) 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-12

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

RECEIVED

TECHNOLOGY CENTER 2800

Applicant's or agent's file reference 00/06127	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/JP99/04989	International filing date (day/month/year) 13 September 1999 (13.09.99)	Priority date (day/month/year) 17 September 1998 (17.09.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01L 21/027, G03F 7/20		
Applicant NIKON CORPORATION		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>3</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>6</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 14 April 2000 (14.04.00)	Date of completion of this report 15 December 2000 (15.12.2000)
Name and mailing address of the IPEA/JP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP99/04989

## I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:\*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:  
pages 1-35, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☒ the claims:  
pages 4, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, as amended (together with any statement under Article 19  
pages 2,6-8,10,11,16, filed with the demand  
pages 1,3,5,12-15,17-32, filed with the letter of 22 September 2000 (22.09.2000)
- ☒ the drawings:  
pages 1-14, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the sequence listing part of the description:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language \_\_\_\_\_ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☒ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☒ the claims, Nos. 9
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).\*\*

\* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

\*\* Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP99/04989

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-8,10-32	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-8,10-21,25-30	YES
	Claims	22-24,31,32	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-8,10-32	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

#### Claims 1-3, 5-8, 10, 25

The idea, in the case of a method of adjusting an optical projection system, of varying either or both of the illumination conditions and the structure conditions, varying the wavelength of the illuminating light for each condition and detecting the amount of change in the imaging characteristic, and determining for each condition a prescribed relationship between the amount of change in the installation environment of the optical projection system and the amount of change in the imaging characteristic, is neither disclosed in any of the documents cited in the ISR nor obvious to a person skilled in the art.

#### Claims 4, 11

The idea, in the case of a method of adjusting an optical projection system for the case that the installation environment is different between the assembly site where the optical projection system is assembled and adjusted and the relocation site where the optical projection system is used, of varying the wavelength of the illuminating light in accordance with the installation environment at the relocation site when carrying out the assembly and adjustment of the optical projection system at the assembly site, is neither disclosed in any of the documents cited in the ISR nor obvious to a person skilled in the art.

#### Claims 12-21, 26-30

The idea, in the case of a method of exposing through an optical projection system, of obtaining information relating to the amount of change in the imaging characteristic of the optical projection system, and correcting the amount of change in a prescribed imaging characteristic using a first means for adjusting the prescribed imaging characteristic by varying the wavelength of the illuminating light and a second means for adjusting the prescribed imaging characteristic using a method different to that of the first means, is neither disclosed in any of the documents cited in the ISR nor obvious to a person skilled in the art.

#### Claims 22-24, 31, 32

The countermeasure disclosed in the document [JP, 7-192990, A (Matsushita Electric Industrial Co, Ltd.), 28 July, 1995 (28.07.95)] against fluctuations in the imaging characteristic that arise due to environmental changes, which involves varying the wavelength of the illuminating light, is considered to correspond to the procedure disclosed in claims 22-24, 31 and 32 whereby the installation environment of the optical projection system is measured, the amount of change in the installation environment is determined, and the wavelength of the illuminating light is varied in accordance with the amount of change in the installation environment.

Moreover, it is considered that the technique of carrying out a number of processes simultaneously in order to shorten the preparation time for a device is common in the field of manufacturing devices, and that there would be no technical difficulty in carrying out the 'preparatory operation' process and the process in which 'the wavelength of the illuminating light is changed' disclosed in claims 22-24, 31 and 32 simultaneously. It is thus considered that it would have been easy for a person skilled in the art to arrive at the subject matter of claims 22-24, 31 and 32 based on the above-mentioned document.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04989

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>6</sup> H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>6</sup> H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 7-192990, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 28 July, 1995 (28.07.95), page 1; Claims (Family: none)	1, 2, 5 6-12
Y	JP, 7-245251, A (Nikon Corporation), 19 September, 1995 (19.09.95), page 1; Claims (Family: none)	6-12
Y	JP, 9-199403, A (Nikon Corporation), 31 July, 1997 (31.07.97), page 1; Claims (Family: none)	9-12
Y	JP, 8-305034, A (Canon Inc.), 22 November, 1996 (22.11.96), page 1; Claims & EP, 742492, A1 & US, 5838426, A	9-12
A	JP, 309323, A (Nikon Corporation), 13 December, 1989 (13.12.89), Claims (Family: none)	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
07 December, 1999 (07.12.99)

Date of mailing of the international search report  
14 December, 1999 (14.12.99)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## PCT REQUEST

00/06127

Original (for SUBMISSION) - printed on 16.03.2001 11:00:14 AM

0	<b>For receiving Office use only</b>	
0-1	International Application No.	
0-2	International Filing Date	
0-3	Name of receiving Office and "PCT International Application"	
0-4	<b>Form - PCT/RO/101 PCT Request</b>	
0-4-1	Prepared using	<b>PCT-EASY Version 2.91 (updated 01.01.2001)</b>
0-5	<b>Petition</b> The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty	
0-6	<b>Receiving Office (specified by the applicant)</b>	<b>Japanese Patent Office (RO/JP)</b>
0-7	<b>Applicant's or agent's file reference</b>	<b>00/06127</b>
I	<b>Title of invention</b>	<b>ADJUSTMENT METHOD FOR PROJECTION OPTICAL SYSTEM</b>
II	<b>Applicant</b>	
II-1	This person is:	<b>applicant only</b>
II-2	Applicant for	<b>all designated States except US</b>
II-4	Name	<b>NIKON CORPORATION</b>
II-5	Address:	<b>Fuji Bldg., 2-3, Marunouchi 3-chome Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8331 Japan</b>
II-6	State of nationality	<b>JP</b>
II-7	State of residence	<b>JP</b>
II-8	Telephone No.	<b>03-3773-7011</b>
II-9	Facsimile No.	<b>03-3777-6659</b>
III-1	<b>Applicant and/or inventor</b>	
III-1-1	This person is:	<b>applicant and inventor</b>
III-1-2	Applicant for	<b>US only</b>
III-1-4	Name (LAST, First)	<b>SUZUKI, Kousuke</b>
III-1-5	Address:	<b>c/o Nikon Corporation, Intellectual Property Headquarters Fuji Bldg., 2-3, Marunouchi 3-chome Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8331 Japan</b>
III-1-6	State of nationality	<b>JP</b>
III-1-7	State of residence	<b>JP</b>

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## PCT REQUEST

00/06127

Original (for SUBMISSION) - printed on 16.03.2001 11:00:14 AM

IV-1	<b>Agent or common representative; or address for correspondence</b> The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:	<b>agent</b>
IV-1-1	Name (LAST, First)	OMORI, Satoshi
IV-1-2	Address:	Omori Patent Office 2075-2-501, Noborito, Tama-ku Kawasaki-shi, Kanagawa, 214-0014 Japan
IV-1-3	Telephone No.	044-900-8346
IV-1-4	Facsimile No.	044-911-0012
IV-1-5	e-mail	o-pat@bekkoame.ne.jp
V	<b>Designation of States</b>	
V-1	<b>Regional Patent</b> (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	<p>AP: GH GM KE LS MW SD UG ZW and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT (except MZ SL SZ TZ)</p> <p>EA: AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT</p> <p>EP: AT BE CH&amp;LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT (except TR)</p> <p>OA: BF BJ CF CG CI CM GA GN GW ML MR NE SN TD TG and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT</p>
V-2	<b>National Patent</b> (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	<p>AE AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY</p> <p>CA CH&amp;LI CN CR CU CZ DE DK DM EE ES</p> <p>FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP</p> <p>KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV</p> <p>MD MG MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU</p> <p>SD SE SG SI SK SL TJ TM TR TT UA UG</p> <p>US UZ VN YU ZA ZW</p>

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## PCT REQUEST

00/06127

Original (for SUBMISSION) - printed on 16.03.2001 11:00:14 AM

V-5	<b>Precautionary Designation Statement</b> In addition to the designations made under items V-1, V-2 and V-3, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) of the State(s) indicated under item V-6 below. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit.		
V-6	<b>Exclusion(s) from precautionary designations</b>	NONE	
VI-1	<b>Priority claim of earlier national application</b>		
VI-1-1	Filing date	17 September 1998 (17.09.1998)	
VI-1-2	Number	10-262802	
VI-1-3	Country	JP	
VII-1	<b>International Searching Authority Chosen</b>	Japanese Patent Office (JPO) (ISA/JP)	
VIII	<b>Check list</b>	number of sheets	electronic file(s) attached
VIII-1	Request	4	-
VIII-2	Description	35	-
VIII-3	Claims	3	-
VIII-4	Abstract	1	-
VIII-5	Drawings	7	-
VIII-7	TOTAL	50	
	<b>Accompanying items</b>	paper document(s) attached	electronic file(s) attached
VIII-8	Fee calculation sheet	✓	-
VIII-16	PCT-EASY diskette	-	diskette
VIII-18	<b>Figure of the drawings which should accompany the abstract</b>	<no.>	
VIII-19	<b>Language of filing of the international application</b>	Japanese	
IX	<b>Signature of applicant or agent</b>		
IX-1	Name (LAST, First)		
IX-2	Capacity		

## FOR RECEIVING OFFICE USE ONLY

10-1	<b>Date of actual receipt of the purported international application</b>	
10-2	<b>Drawings:</b>	
10-2-1	Received	
10-2-2	Not received	
10-3	<b>Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application</b>	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**PCT REQUEST**

4/4

Original (for SUBMISSION) - printed on 16.03.2001 11:00:14 AM

00/06127

10-4	Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2)	
10-5	International Searching Authority	ISA/JP
10-6	Transmittal of search copy delayed until search fee is paid	

**FOR INTERNATIONAL BUREAU USE ONLY**

11-1	Date of receipt of the record copy by the International Bureau	
------	--	--

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



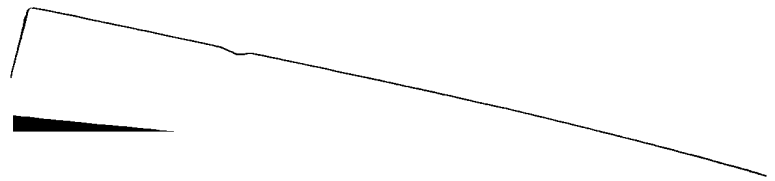
**Second Amendment under PCT article 34 received by  
the Japanese Patent Office  
on September 22, 2000.**

In this Amendment, the claims were amended as follows:

- (1) Claims 1, 3, 5, 12-15 and 17-28 were amended as attached hereto.
- (2) Claim 9 was deleted.
- (3) Claims 29-32 were added as attached hereto.

5057871e0  
100 00001 000000 0000

THIS PAGE BLANK (USPTO)



16T

特 許 協 力 条 約

PCT

国際予備審査報告

(法第12条、法施行規則第56条)  
〔PCT36条及びPCT規則70〕

REC'D 03 JAN 2001  
WIPO PCT

出願人又は代理人 の書類記号 00/06127	今後の手続きについては、国際予備審査報告の送付通知（様式PCT/ IPEA/416）を参照すること。	
国際出願番号 PCT/J P 99/04989	国際出願日 (日.月.年) 13.09.99	優先日 (日.月.年) 17.09.98
国際特許分類 (IPC) Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/027 G03F7/20		
出願人 (氏名又は名称) 株式会社ニコン		

- 国際予備審査機関が作成したこの国際予備審査報告を法施行規則第57条（PCT36条）の規定に従い送付する。
- この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 3 ページからなる。  
☒ この国際予備審査報告には、附属書類、つまり補正されて、この報告の基礎とされた及び/又はこの国際予備審査機関に対してした訂正を含む明細書、請求の範囲及び/又は図面も添付されている。  
(PCT規則70.16及びPCT実施細則第607号参照)  
この附属書類は、全部で 6 ページである。

- この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
  - ☒ 国際予備審査報告の基礎
  - ☐ 優先権
  - ☐ 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
  - ☐ 発明の単一性の欠如
  - ☒ PCT35条(2)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
  - ☐ ある種の引用文献
  - ☐ 国際出願の不備
  - ☐ 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 14.04.00	国際予備審査報告を作成した日 15.12.00	
名称及びあて先 日本国特許庁 (IPEA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 岩本 勉	2M 9355
電話番号 03-3581-1101 内線 3274		

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## I. 国際予備審査報告の基礎

1. この国際予備審査報告は下記の出願書類に基づいて作成された。(法第6条(PCT14条)の規定に基づく命令に応答するために提出された差し替え用紙は、この報告書において「出願時」とし、本報告書には添付しない。  
PCT規則70.16, 70.17)

☐ 出願時の国際出願書類

☒ 明細書 第 1-35 ページ、 出願時に提出されたもの  
明細書 第 \_\_\_\_\_ ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
明細書 第 \_\_\_\_\_ ページ、 \_\_\_\_\_ 付の書簡と共に提出されたもの

☒ 請求の範囲 第 4 項、 出願時に提出されたもの  
請求の範囲 第 \_\_\_\_\_ 項、 PCT19条の規定に基づき補正されたもの  
請求の範囲 第 2, 6-8, 10, 11, 16 項、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
請求の範囲 第 1, 3, 5, 12-15, 17-32 項、 22.09.00 付の書簡と共に提出されたもの

☒ 図面 第 1-14 ~~ページ~~/図、 出願時に提出されたもの  
図面 第 \_\_\_\_\_ ページ/図、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
図面 第 \_\_\_\_\_ ページ/図、 \_\_\_\_\_ 付の書簡と共に提出されたもの

☐ 明細書の配列表の部分 第 \_\_\_\_\_ ページ、 出願時に提出されたもの  
明細書の配列表の部分 第 \_\_\_\_\_ ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
明細書の配列表の部分 第 \_\_\_\_\_ ページ、 \_\_\_\_\_ 付の書簡と共に提出されたもの

2. 上記の出願書類の言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願の言語である。

上記の書類は、下記の言語である \_\_\_\_\_ 語である。

- ☐ 国際調査のために提出されたPCT規則23.1(b)にいう翻訳文の言語  
☐ PCT規則48.3(b)にいう国際公開の言語  
☐ 国際予備審査のために提出されたPCT規則55.2または55.3にいう翻訳文の言語

3. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際予備審査報告を行った。

- ☐ この国際出願に含まれる書面による配列表  
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出された書面による配列表  
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった  
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

4. 補正により、下記の書類が削除された。

☐ 明細書 第 \_\_\_\_\_ ページ  
☒ 請求の範囲 第 9 項  
☐ 図面 図面の第 \_\_\_\_\_ ページ/図

5. ☐ この国際予備審査報告は、補充欄に示したように、補正が出願時における開示の範囲を越えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則70.2(c) この補正を含む差し替え用紙は上記1.における判断の際に考慮しなければならず、本報告に添付する。)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

V. 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条(PCT35条(2))に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性(N)

請求の範囲 1-8, 10-32

有

請求の範囲

無

進歩性(IS)

請求の範囲 1-8, 10-21, 25-30

有

請求の範囲 22-24, 31, 32

無

産業上の利用可能性(IA)

請求の範囲 1-8, 10-32

有

請求の範囲

無

2. 文献及び説明(PCT規則70.7)

請求の範囲1-3, 5-8, 10, 25

投影光学系の調整方法において、照明条件と構造条件とのうちの少なくとも一方の条件を種々変更し、各条件毎に照明光の波長を変化させて結像特性の変化量を検出し、投影光学系の設置環境の変化量と結像特性の変化量との間の所定の関係を各条件毎に求めることは、国際調査報告で引用した何れの文献にも記載されておらず、かつ当業者にとって自明な事項でもない。

請求の範囲4, 11

投影光学系の調整方法において、投影光学系の組立環境を行う組立地と、投影光学系が使用される移設地との間で設置環境が異なる場合に、組立地で投影光学系の組立調整を行う際に、照明光の波長を移設地の設置環境に応じて変化させておくことは、国際調査報告で引用した何れの文献にも記載されておらず、かつ当業者にとって自明な事項でもない。

請求の範囲12-21, 26-30

投影光学系を介した露光方法において、投影光学系の結像特性の変化量に関する情報を求め、照明光の波長を変更することにより所定の結像特性を調整する第1手法と、第1手法とは異なる方法で所定の結像特性を調整する第2手法とを用いて、所定の結像特性の変化量を補正することは、国際調査報告で引用した何れの文献にも記載されておらず、かつ当業者にとって自明な事項でもない。

請求の範囲22-24, 31, 32

文献: JP, 7-192990, A(松下電器産業株式会社)28.7月.1995(28.07.95)に記載の、環境変化によって生じる結像特性変動についての対策として、照明光の波長を変化させる点は、当該請求の範囲における、投影光学系の設置環境を計測して、設置環境の変化量を求め、設置環境の変化量に応じて照明光の波長を変更することに相当する。

そして、複数の工程を併行して行うことで装置の準備時間を短縮することは、製造装置の分野において一般的な技術であり、また、当該請求の範囲に係る「準備動作」工程と「照明光の波長を変更する」工程とを同時に併行して行うことに技術的困難も認められないので、当該文献に基づいて当該請求の範囲に記載の発明をすることは、当業者が容易になし得たことである。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## 請 求 の 範 囲

1. (補正後) 第1面のパターンの像を第2面上に投影する投影光学系の調整方法において、

- 5 前記第1面のパターンを照明する際の照明条件と、前記パターンの構造条件とのうちの少なくとも一方の条件を種々変更し、各条件毎に、前記第1面のパターンを照明する照明光の波長を変化させて、前記第2面上に前記投影光学系を介して投影される像の結像特性の変化量を検出し、
- 10 前記検出の結果に基づき、前記投影光学系の設置環境の変化量と前記結像特性の変化量との間の所定の関係を、前記各条件毎に求めることを特徴とする投影光学系の調整方法。

2. 前記投影光学系の設置環境が変化したときに、前記所定の関係に基づいて前記投影光学系の結像特性を調整することを特徴とする請求の範囲1記載の投影光学系の調整方法。

- 15 3. (補正後) 前記所定の関係に基づいて前記照明光の波長を変更することにより、前記投影光学系の結像特性の調整を行うことを特徴とする請求の範囲2記載の投影光学系の調整方法。

4. 第1面のパターンの像を第2面上に投影する投影光学系の調整方法において、

- 20 前記投影光学系の組立調整を行う組立地と、前記投影光学系が使用される移設地との間で設置環境が異なる場合に、

前記組立地で前記投影光学系の組立調整を行う際に前記第1面のパターンを照明する照明光の波長を前記移設地の設置環境に応じて変化させておくことを特徴とする投影光学系の調整方法。

- 25 5. (補正後) 請求の範囲2、3、又は4記載の投影光学系の調整方法であって、

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

前記投影光学系の内部には大気に連動して気圧の変化する気体が供給されており、前記投影光学系の設置環境の変化とは大気圧の変化であることを特徴とする投影光学系の調整方法。

6. 前記設置環境の変化量と前記波長の変化量との間の第1の関係と、  
5 前記波長の変化量と前記結像特性の変化量との間の第2の関係とに基づいて、前記所定の関係を求めることを特徴とする請求の範囲1記載の投影光学系の調整方法。

7. 前記第1の関係は、前記投影光学系の硝材の屈折率特性と、前記投影光学系の周囲の気体の屈折率特性とに基づき求められることを特徴とする請求の範囲6記載の投影光学系の調整方法。

8. 前記投影光学系は複数種類の硝材を含み、

前記第1の関係は、前記複数種類の硝材毎に求められた前記設置環境の変化量と前記波長の変化量との間の関係を平均化することにより求められることを特徴とする請求の範囲7記載の投影光学系の調整方法。

9. (削除)

10. 前記照明光の波長変化に伴う前記結像特性の変化量の検出は、前記投影光学系の設置環境を一定に保った状態で行うことを特徴とする請求の範囲1記載の投影光学系の調整方法。

11. 前記移設地で前記投影光学系を使用する際の前記照明光の波長を、前記組立地での設置環境に応じた波長に設定することを特徴とする請求の範囲4記載の投影光学系の調整方法。

12. (補正後) 照明光で第1面上に形成されたパターンを照明し、該  
25 パターンの像を投影光学系を介して第2面上に投影する露光方法であって、

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

前記投影光学系の所定の結像特性の変化量に関する情報を求める第1工程と、

前記照明光の波長を変更することにより前記所定の結像特性を調整する第1手法と、該第1手法とは異なる方法で前記所定の結像特性を調整する第2手法とを用いて、前記所定の結像特性の変化量を補正する第2工程と、を有することを特徴とする露光方法。

13. (補正後) 前記第1工程では、前記投影光学系の設置環境を計測した結果に基づいて、前記所定の結像特性の変化量を求めることを特徴とする請求の範囲12記載の露光方法。

14. (補正後) 前記設置環境の変化量は、前記計測された環境と所定の基準環境との差であることを特徴とする請求の範囲13記載の露光方法。

15. (補正後) 前記第2手法は、前記投影光学系の調整であることを特徴とする請求の範囲12記載の露光方法。

16. 前記投影光学系の調整は、前記投影光学系内の少なくとも1つのレンズを、前記投影光学系の光軸方向に移動するか、若しくは前記光軸に対して傾斜させる第1の調整、または前記投影光学系の所定の一部のレンズ間の密封された空間の気圧を制御する第2の調整により行われることを特徴とする請求の範囲15記載の露光方法。

17. (補正後) 前記第1工程では、前記投影光学系の設置環境以外の要因に起因して生じる前記所定の結像特性の変化量を求めることを特徴とする請求の範囲12記載の露光方法。

18. (補正後) 前記設置環境以外の要因に起因する前記所定の結像特性の変化量は、前記照明光の照射による前記所定の結像特性の変動を含むことを特徴とする請求の範囲17記載の露光方法。

19. (補正後) 前記投影光学系は複数種類の硝材を含むことを特徴と

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

する請求の範囲 1 2 記載の露光方法。

20. (補正後) 前記第 2 工程では、前記第 1 手法を行った後で、前記第 1 手法では補正しきれなかった前記所定の結像特性の変化量の残留分を、前記第 2 手法で補正することを特徴とする請求の範囲 1 9 記載の露光方法。

21. (補正後) 前記設置環境の変化量が所定値以上である場合に、前記第 2 工程にて前記第 1 手法を用いて前記所定の結像特性の変化量を補正することを特徴とする請求の範囲 1 3 記載の露光方法。

22. (補正後) 照明光で第 1 面上に形成されたパターンを照明し、該パターンの像を投影光学系を介して第 2 面上に投影する投影露光装置を用いる露光方法であって、

前記投影光学系の設置環境を計測して、該設置環境の変化量を求め、

前記投影露光装置が前記第 2 面上に前記パターンの像を投影するための所定の準備動作を実行している最中に、前記設置環境の変化量に応じて前記照明光の波長を変更することを特徴とする露光方法。

23. (補正後) 前記所定の準備動作とは、前記パターンが形成されたマスクを前記投影露光装置内の所定の露光用位置に設置する動作と、前記パターンの像が投影される基板を前記投影露光装置内の所定の露光位置に設置する動作と、前記照明光の前記マスク上での照明領域を規定する動作とのうちの少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求の範囲 2 2 記載の露光方法。

24. (補正後) 請求の範囲 1 2 ~ 2 3 のいずれか一項記載の露光方法を用いて、デバイスパターンをワークピース上に転写する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

25. (補正後) 照明光でマスクパターンを照明する照明光学系と、前記マスクパターンの像を基板上に投影する投影光学系と、を備えた投影

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



露光装置において、

前記照明光の波長を変化させる波長可変装置と、

前記投影光学系の結像特性の変化量を計測する結像特性計測系と、

前記マスクパターンを照明する際の照明条件と、前記マスクパターン

- 5 の構造条件とのうちの少なくとも一方の条件を種々変更し、各条件毎に、前記波長可変装置により前記波長を変化させながら、前記結像特性計測系に前記結像特性の変化量を計測せしめ、該計測結果に基づいて前記投影光学系の設置環境の変化量と前記結像特性の変化量との間の所定の関係を求める制御系と、

- 10 前記制御系により前記各条件毎に求められた複数の前記所定の関係を、前記各条件毎に記憶する記憶装置とを有することを特徴とする投影露光装置。

26. (補正後) 照明光でマスクパターンを照明する照明光学系と、前記マスクパターンの像を基板上に投影する投影光学系と、を備えた投影  
15 露光装置において、

前記投影光学系の所定の結像特性の変化量に関する情報を求める測定手段と、

前記所定の結像特性を、前記照明光の波長を変化させる第1手法により調整する第1の結像特性調整系と、

- 20 前記所定の結像特性を、前記第1手法とは異なる第2手法により調整する第2の結像特性調整系とを有することを特徴とする投影露光装置。

27. (補正後) 前記第2の結像特性調整系は、前記投影光学系を調整することにより前記結像特性を調整することを特徴とする請求の範囲26記載の投影露光装置。

- 25 28. (補正後) 前記投影光学系は複数種類の硝材を含むことを特徴とする請求の範囲27記載の投影露光装置。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

29. (追加) 前記第2の結像特性調整系は、前記第1の結像特性調整系では補正しきれなかった前記所定の結像特性の変化量の残留分を調整することを特徴とする請求の範囲28記載の投影露光装置。

5 30. (追加) 前記測定手段は前記情報として、前記投影光学系の設置環境の変化量を求め、

前記設置環境の変化量が所定値以上である場合に、前記第1の結像特性調整系を用いて前記所定の結像特性を調整することを特徴とする請求の範囲26～29のいずれか一項記載の投影露光装置。

10 31. (追加) 照明光でマスクパターンを照明する照明光学系と、前記マスクパターンの像を基板上に投影する投影光学系と、を備えた投影露光装置において、

前記照明光の波長を変化させる波長可変装置と、

前記投影光学系の設置環境を計測して該設置環境の変化量を求める設置環境計測系と、

15 前記基板に前記パターンの像を投影するための所定の準備動作を実行する所定装置とを有し、

前記波長可変装置は、前記所定装置が前記所定の準備動作を実行中に、前記設置環境の変化量に応じて前記照明光の波長を変更することを特徴とする投影露光装置。

20 32. (追加) 前記所定の準備動作とは、前記パターンが形成されたマスクを前記投影露光装置内の所定の露光用位置に設置する動作と、前記パターンの像が投影される基板を前記投影露光装置内の所定の露光位置に設置する動作と、前記照明光の前記マスク上での照明領域を規定する動作とのうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求の範囲31  
25 記載の投影露光装置。

THIS PAGE BLANK (USPTO)